

كان هناك منبعاً ضوئياً ساخناً محاط بغاز أبرد منه فهنا ينشأ طيف إمتصاص ، أى تظهر في الطيف المستمر وفي مناطق ذات أطوال موجيه معينه خطوط داكنه ، تكون فيها شدة الإضاءة أقل كثيراً عما حولها . وبذلك يمتص الغاز البارد الخطوط الطيفية التي كان من الممكن أن تنبعث منه في حالة إثارتة .

تسمى خطوط الإمتصاص وخطوط الإنبعاث معا **بخطوط الطيف** أو باختصار خطوط . ولكل عنصر كيمائى خطوط معينه تميزه عن غيره من العناصر ، وتعتمد على مجالات الطاقة الممكنة (المستويات) للإليكترونات داخل الحالة الذرية (← تركيب الذره) . ففي داخل الهاله يمكن أن يتواجد الإليكترون فوق إحدى المستويات المحدده فقط . لذلك يمكن أثناء هذه الإنتقالات ، المقيدة - مقيدة ، إنبعاث أو إمتصاص إشعاعات ذات ذبذبات محدده ،
$$h\nu = E_2 - E_1$$
 ، حسب فرق الطاقة $(E_2 - E_1)$. وتحدث خطوط الامتصاص عند الإنتقال من مستوى إلى مستوى أعلى منه ، أما خطوط الإنبعاث فتحدث عند الإنتقال من مستوى إلى مستوى أقل منه في الطاقة . ويمكن تقسيم خطوط ذره إلى سلاسل ، يميز كل منها مستوى سفلى معين . ففي حالة الهيدروجين تعطى الإنتقالات من وإلى حالة الحمود سلسلة ليمان وتسمى خطوطها ليمان - α ، ليمان - β ... وهكذا أو باختصار L_α ، L_β . وتوجد هذه السلسلة في النطاق فوق البنفسجى من الطيف . أما الخطوط التي تحدث نتيجة للانتقال من أو إلى المستوى الأعلى من ذلك فتعطى سلسلة بالمر التي تُعرف خطوطها باختصار H_α ، H_β ... الخ ، والتي يوجد جزء منها في النطاق البصرى من الطيف (الشكل) . وتردحم الموجات القصيره من سلسلة ما في موضع في الطيف يسمى حدود السلسلة . وهذه الحدود تناظر تكاثر مستويات الطاقة عند طاقة التأين . وينظر الضوء ذى السطول الموجى الأقل أى الطاقة

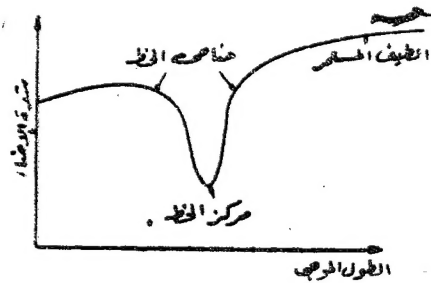
فيه خطوط إنبعاث قويه بدلا من الإستمرار الضعيف في شدة الطيف ، نجد أن كفاءه الإمتصاص أيضا كبيره . من هنا فإن طيف هذه الموجات لا يمكن أن يكون مصدره إلا المناطق المحيطه التي يُعطى التحليل الطيفى تركيبها الكيمائى . وفي المناطق الطيفية الأخرى ذات كفاءه الإنبعاث المنخفضه ، تكون كفاءه الإمتصاص أيضا منخفضه . لذلك فإن ضوء مثل هذه الموجات يمكن أن يأتى من المناطق البعيده إلى المنطقه تحت الإختبار . أى أن الإنبعاث القليل يتكافأ مع ما ما يتجمع من إمتصاص من المناطق الأخرى ذات الحيز الأكبر . وعلى النقيض من هذه الظروف التي تحدث في داخل النجوم فإن الظروف مختلفه على سطوح النجوم : فالتكافؤ لا يمكن أن يحدث هنا ، لأن الحيز الذى تحتله الماده محدود . ويراعى أن إصدارات الغازات « الكثيفه جدا » ، والممتده جدا (الواسعه جدا) « ترجع إلى إمتداد هذه الغازات إلى أكبر بكثير من طول المشوار الحر للكم الضوئى بين إنبعاثه وإمتصاصه : أى يلزم أن تكون الطبقات سميكه (← العمق الضوئى) .

ويبعث الجسم الموجود في حالة تعادل حرارى دائماً بطيف إستمرار تكون فيه توزيع شدة الاضاءه للموجات المختلفه ، أو باختصار توزيع شدة الطيف ، غير معتمده على التركيب الكيمائى للجسم . في هذه الحالة يحدد ← قانون الاشعاع لبلانك توزيع شدة الطيف . ومثل هذه الإشعاعات تسمى بالإشعاعات السوداء ، وتزاح فيها الشدة القصوى دائماً ناحية الموجات الأقصر مع الإرتفاع في درجة الحرارة .

(٢) **الطيف الخطى** : عند تسخين الغازات الغير واسعه أو الرقيقه ، أى عند إثارتها ، ينبعث منها طيف إنبعاث ، يتكون من عدد من الخطوط المنفصله والمحدده . أى أن الضوء الكلى الغير متحلل يتكون من بضع خطوط طيفية . ومثل هذه الأطياف تنبعث على سبيل المثال من السدم الغازيه أو الانبعاثيه . أما إذا

الأكبر (h.v) الانتقال من حالة مقبده إلى حالة حره. أى أنه يتصل بحدود السلسلة طيف استمرار حد السلسلة الذى ينبعث ضوءه أثناء إستئناف الإتحاد ، كما يودى إمتصاصه إلى تأين . ومن بين ما تعتمد عليه شدة الخطوط إحتمال الإنتقالات ، التى لابد من حسابها على أساس نظرية الكم . وهذه الإحتمالات صغيره لمعظم الإنتقالات بدرجة تجعلنا نطلق على ما ينتج منها من خطوط إصطلاح خطوط ممنوعه . والخطوط الممنوعه لا تنبعث فى الحال العاديه ، أى فى المعمل ، إلا أنها تحدث وبشده فى الظروف المتطرفه (← تركيب الذره ، ← غاز ما بين النجوم) .

فى الوقت الذى يعطى فيه شدة خط إنبعاث كمية طاقة الإشعاع فى هذا الخط فإن عرض الخط يعطى حجم النطاق الطيفى التى توزعت عليه هذه الطاقة وبالفحص الدقيق يتضح أن الخطوط ليست متناهية فى ضيقها وإنما تأخذ نطاق طيفى صغير . على أن شدة الخطوط تقل كلما بعدنا عن مركز الخط ناحية جناحي الخط . أى أنه فى حالة خطوط الإمتصاص تزداد شدة الإشعاع كلما إتجهنا ناحية الأجنحة (الشكل) . ويسمى هذا بكتنور الخط ويعتمد على الحالة الفيزيائية للغاز المسبب للإمتصاص أو الإنبعاث . لكل خط طيفى إتساع طيفعى يعتمد على تركيب المستوى الذى يشارك فى الانتقال ؛ فكلما قصر عمر المستوى (← تركيب الذره) كلما إزداد عرض الخط . وتحدث زيادة كبيره فى عرض الخط نتيجة



(٢) رسم تخطيطى لشكل خط إمتصاص طيفى .

لعوامل أخرى ترجع إلى الذرات المحيطة وبالتالى تعتمد على ضغط وكثافة الغاز (إستعراض الضغط) . ويتمى إلى ذلك على سبيل المثال الإبطاء الإصطدامى : إذ أنه نتيجة لإصطدام ذرات بأخرى يقل العمر المتوسط للمستويات وبالتالى يزداد عرض الخط . ونتيجة ← ظاهره دوبلر الحراريه ينشأ إستعراض دوبلر ، الذى يعتمد على درجة حراره الغاز : فأتثناء الحركة الحراريه غير المنتظمه تقترب منا دائماً بعض الذرات الماصه أو الباعثه بينما تبتعد عنا ذرات أخرى . من هنا تُمتص أو تنبعث موجات على جانبي وسط الخط . وتأتى زيادة أخرى فى عرض الخطوط الطيفيه نتيجة لظاهره دوبلر بسبب دوران النجوم ، على شكل تراكم للإزاحه الحمراء على الجانب الذى يبتعد عنا من النجم ولالإزاحه الزرقاء على الجانب المقرب منا . وهناك زيادة أيضاً فى العرض من إنغلاق غير تام فى الخطوط مرجعه كل من ← ظاهره شتارك و ← ظاهره زيمان .

وتنشأ إزاحه خطيه ، أى تغيير فى طول موجه الخط كله نتيجة لظاهره دوبلر وذلك عندما تتغير المسافه بين مصدر الضوء والمُشاهد . فعند الإقتراب تتراح الخطوط ناحية الموجات الأقصر (الإزاحه البنفسجيه أو الزرقاء) . وهناك إزاحه خطيه أخرى هى الإزاحه الحمراء النسبيه التى تنبأ بها ← نظرية النسبيه العامه .

(٣) الطيف الحزمى : ويرجع سببه إلى الإشعاع أو الأمتصاص من جزيئات ثنائيه أو عديده الذرات . والطيف الحزمى أعقد بكثير من الطيف الخطى للغازات أحادية الذرات ، حيث تتداخل التغيرات فى طاقة الإلكترونات مع التغير فى ذبذبات الجزيئات ودورانها بالنسبه لبعضها أو حول بعضها ومن هنا ينشأ عدد كبير من الخطوط المتقاربه جداً تظهر على شكل حزام عريض . ويحدث الطيف الحزمى على سبيل المثال فى حالة النجوم الباردة نسبياً وفى حالة المذنبات .

أساسا على الأرصاد في النطاق الضوئي ، الضيق جدا بالنسبة للطيف الكلى . ويتضح من الأطياف الكثيرة جدا للنجوم ملامح وخصوصيات . وحتى نحصل على نظام معين لهذه الأطياف ثم عمل تقسيم طبقي ، أى تقسيم أطياف النجوم في شكل تبعا ← لأنواع طيفية محددة .

طيف الإمتصاص

absorption spectrum

spéctre d'absorption (sm)

Absorptionsspektrum (sn)

طيف موجود به خطوط معتمه فوق الطيف

المستمر .

الطيف الانبعاثي

emission spectrum

spéctre de mission (sm)

Emissionsspektrum (sn)

هو ← طيف مكون من خطوط انبعاث .

الطيف الحزمي

band spectrum

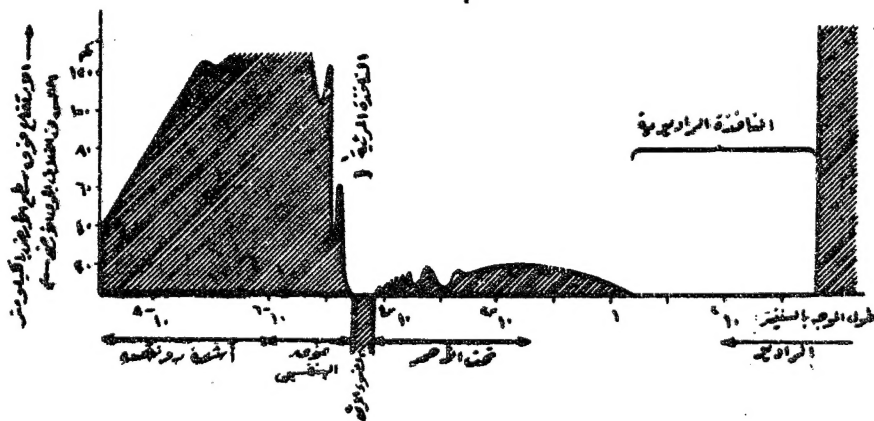
spéctre de bande (sm)

Bandenspektrum (sn)

هو ← طيف مصدره جزيئات عناصر أو

مركبات .

يعتبر تصوير طيف الأجرام السماوية ، رغم صعوبته ، من الواجبات الهامة جدا في الفلك . فمن ← التحليل الطبقي نستطيع الحصول على إيضاحات للتركيب الكيماوى والحالة الفيزيائية للمادة الغير أرضيه . ويمثل تأثير الإمتصاص في الغلاف الأرضى الجوى عائقا كبير للأبحاث الطيفية . فهذا الغلاف منفذ فقط في نطاقات موجية ضيقة نسميها « النوافذ » (الشكل) . وتصل النافذة الضوئية على الجانبين إلى أكثر من الضوء المرئى . وتمتص الإشعاعات قصيره الموجة في الغلاف الجوى الأرضى . ويمكن مشاهدة الإشعاع الطبقي ذى الموجات الأقصر من ذلك بواسطة الصواريخ أو الأقمار الصناعية ، من خارج الغلاف الجوى الأرضى ، وذلك حتى نطاق أشعة رونتجن . وفي الأجزاء طويلة الموجة من الطيف ، تحت الأحمر ، فإننا نستغل نطاقات طيفيه ضيقه يكون فيها فعل الإمتصاص أقل من المناطق المحيطة أو نستعمل البالونات ، العالية في الأرصاد الطيفية . والنافذة الراديوية ، أى النطاق المنفذ من الطول الموجى حوالى ١ مم إلى ٢٠ م ، تستخدم الفلك الراديوى . ومن الطبيعى أن تعتمد معظم معلوماتنا عن تركيب النجوم



(٣) المناطق الهامة في الطيف والارتفاع (بالكيلو مترات) في الغلاف الجوى الأرضى الذى يبلغه الإشعاع القادم عموديا من الفضاء الخارجى دون أن تزداد نسبة إستيعاده عن ٣٧ في المائة .

ط

ظاهرة بوينتنج - روبرتسون

Poynting - Robertson effect

effet - Poynting - Robertson (sm)

Poynting - Robertson Effekt (sn)

هي ظاهرة نقص سرعة جسم صغير يدور حول

الشمس وذلك نتيجة إمتصاصه للأشعة الشمسية وإعادة إشعاعها في جميع الاتجاهات. ويمكن توضيح هذه العملية كالآتي: يمكن تمييز الكم الضوئي بكتلة تتناسب مع طاقته وقصور ذاتي متناسب مع كل من الكتلة والسرعة. وعند إعادة إشعاع الطاقة الشمسية الممتصة بواسطة الجسم فإن الكمات الضوئية تأخذ معها قصورا ذاتيا. أي أن القصور الذاتي للجسيمات يقل. ويتناسب هذا القصور الذاتي للجسم مع سرعته وكتلته. وعلى الرغم من الإشعاع فإن كتلة الجسم لا تتغير، لأن الطاقة الخارجية قد تم قبل ذلك إكسابها من الإشعاع الشمسي. وعلى ذلك فإن نقص القصور الذاتي يؤدي إلى تقليل سرعة الجسم. ونقص القصور الذاتي بفعل ما يتم إمتصاصه من كمات أشعة الشمس الضوئية يؤثر فقط على ضغط الإشعاع اللخارج من الشمس أي أنه لا يؤثر على السرعة العمودية للجسم على هذا الإشعاع. ويتحرك لذلك الجسم المتأثر بظاهرة بوينتنج - روبرتسون مقتربا من الشمس في مدار حلزوني. ونيزك حجري نصف قطره ١ سم موجود أولا في مدار الأرض سوف يرتطم بالشمس تبعا لهذه الظاهرة بعد حوالي ٢٠ مليون سنة. ويتم الإقتراب من الشمس بسرعة أكثر كلما صغرت كتلة الجسم، لإجسيات يقل. ويتناسب هذا القصور الذاتي للجسم مع سرعته وكتلته. وعلى صغرت كتلة الجسم، إلا أن ذلك له تحفظات؛ فبالنسبة للجسيمات ذات القطر الأقل من حوالي ١٠^{-٤} سم يتغلب ضغط الإشعاع على قوة الجاذبية، بحيث أن مثل هذه الأجسام تكتسح بعيدا عن الشمس.

وصف هذه الظاهرة « بوينتنج » في عام ١٩٠٣، ثم إعتلاها الشك عدة مرات حتى أثبتها « روبرتسون » في عام ١٩٣٧ بواسطة معادلات النظرية النسبية.

طيف الجزيئات

molecular spectrum

spéctre moléculaire (sm)

Molekülspektrum (sn)

هو ← الطيف الجزيئي.

الطيف الخاطف

flash - spectrum

spéctre - éclair (sm)

Flaschspektrum (sn)

هو ← طيف الفلاش.

الطيف الخطي

line spectrum

spéctre de raies (sm)

Linienpektrum (sn)

← الطيف.

الطيف الشريطي

band spectrum

spéctre de bande (sm)

Bandenspektrum (sn)

هو ← الطيف الخزمي.

طيف الشمس

solar spectrum

spéctre solaire (sm)

Sonnenspektrum (sn)

← الشمس.

طيف الفلاش

Flash - spetrum

spéctre - éclair (sm)

Flaschspektrum (sn)

هو طيف الكروموسفير، الذي يظهر لفترة قصيرة

أثناء كسوف ← الشمس.

الطيف المستمر

continuum

continuum (sm)

Kontinuum (sn)

← الطيف.

الطيف المستمر عند حدود سلسلة من الخطوط الطيفية

series limit continuum

continuum a limit de la serie (sm)

Seriengrenzkontinuum (sn)

← الطيف.

ظاهرة بلاشكو

Blashko effect

effet Blashko (sm)

Blashko - Effekt (sm)

هي عبارة عن التغير الدوري المتعدد الذي يحدث في معظم نجوم RR السلياق من حيث شكل المنحنى الضوئي ودورة التغير. وقد سميت هذه الظاهرة باسم الفلكي السوفيتي «سيرجي نيكولايفتش بلاشكي» (المولود في عام ١٨٧٠).

ظاهرة تأثير العرض

latitude effect

effet de latitude (sm)

Breiteneffekt (sm)

هي تماما مثل ← ظاهرة القطب.

ظاهرة الحبل اللؤلؤي

Bailey's beads

grains de Bailey (pm)

Perischnurphaenomen (sm)

← الكسوف والخسوف.

ظاهرة جوية

meteor

météore (sm)

Meteor (sm)

← شهاب.

ظاهرة دوبلر

Doppler effect

effet Doppler (sm)

Doppler - Effekt (sm)

هي تغير ذبذبة الموجات الاشعاعية التي يصاحب الحركة النسبية بين المشاهد ومنبع الاشعاع. وفي مجال إنتشار الموجات الصوتية تنطبق ظاهرة دوبلر الصوتية، الأمر الذي يمكن الاستدلال عليه من تغير إرتفاع نغمة صفير عربية مارة بنا. ففي أثناء الإقتراب تبدو النغمة وكأنها تعلو بينما في أثناء الإبتعاد عن السامع تبدو وكأنها تنخفض عن صوت السفارة في حالة عدم التحرك.

تلعب ظاهرة دوبلر الضوئية في الفلك دورا هاما. وهذه الظاهرة تعتمد على السرعة النسبية بين

الراصد ومنبع الضوء. فإذا ما كان المنبع مقتربا شاهد الراصد ذبذبات أعلى عما يتم إشعاعه بالفعل، الأمر الذي يؤدي إلى إزاحة في اتجاه الناحية البنفسجية من الطيف (إزاحة بنفسجية). أما إذا كان المصدر مبتعدا عن المشاهد فإن الأخير يستقبل موجات منخفضة في ذبذبتها عما يتم إشعاعه بالفعل، الأمر الذي يعني إزاحة حمراء. فإذا تمت الحركة بالسرعة v ، الأقل كثيرا عن سرعة الضوء c ، وفي خط البصر تماما إنطبقت القاعدة: $v = v_0 \left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$ التي تعطي الذبذبة المرصودة c من الذبذبة الأصلية λ . وتكون الإشارة بالموجب في حالة إقتراب مصدر الضوء وبالسالب في حالة إبتعاده. ينظر التغير في الذبذبة تغيرا في طول الموجة λ بالقيمة النسبية: $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$. كذلك فإن الغازات الماصة للضوء والمتحركة بالنسبة لمصدره تتصرف كالمشاهد تماما بالنسبة لهذا المصدر فتمتص حسب اتجاه حركتها الضوء ذو الموجات القصيرة أو الطويلة بدرجة تزيد عن الغازات غير المتحركة.

وعن طريق قياسات الإزاحة الخطية، الناشئة من ظاهرة دوبلر في طيف نجم ما، يمكن تعيين السرعة الخطية v لهذا النجم. وفي حالة دوران جرم سماوي حول نفسه، يقترب أحد جوانبه بينما يبتعد عنا الجانب الآخر. والضوء المنبعث من كلا الجانبين يظهر في خطوط الطيف على شكل إزاحة في اتجاهين متضادين. وبهذه الطريقة أمكن قياس سرعة دوران الشمس وحلقات زحل. أما في حالة النجوم الثوابت، التي تبدو كنقطة مضيئة ولا نرى لها أجزاء بذاتها من السطح، فتتراكم فيها كل من الإزاحة الحمراء والزرقاء مؤدية إلى إتساع في الخط الطيفي. كما أن للنجوم المزدوجة، نتيجة للتغير الدوري في سرعاتها الخطية، إتساعا دوريا في خطوطها الطيفية.

على حسب درجة الحرارة فإن للذرات التي تبعث (أو تمتص) الضوء، حركات حرارية غير منتظمة.

ظاهرة زيمان على شكل زيادة في عرض الخط الطيفي .

اكتشف ظاهرة زيمان الفيزيائي الهولندي «زيمان» لأول مرة في عام ١٨٩٦ . وهناك ظاهرة مناظرة لتلك الظاهرة تسبب في إنفلاق الخطوط الطيفية بفعل المجال الكهربائي عُرفت أخيرا تحت اسم ← ظاهرة شتارك .

ظاهرة شتارك

stark effect

effet stark (sm)

Stark Effekt (sm)

هي إنفلاق الخطوط الطيفية كل إلى مركبات عندما يكون المنبع الضوئي موجودا في مجال كهربائي . وأساس هذا الإنقسام للخطوط هو إنقسام مستويات الطاقة داخل الذرة التي تتمتع أو تشع الضوء . ومن الممكن أن تنشأ مجالات كهربائية في الغلاف الجوي للنجوم من خلال الشحنات عندما يتوفر كثير من الإلكترونات الطليقة . وتؤدي ظاهرة شتارك إلى إستعراض الخطوط الطيفية بسبب الإنفلاق غير التام . ومن هذه الزيادة في العرض يمكن في بعض الظروف إستنتاج كثافة الإلكترونات .

اكتشف ظاهرة شتارك الفيزيائي «شتارك» في عام ١٩١٣ . وقبل ذلك كانت هناك ظاهرة مشابهة معروفة ، ظاهرة زيمان ، وهي إنقسام الخطوط الطيفية بفعل المجال المغناطيسي .

ظاهرة فاراداي

faraday effect

effet Faraday (sm)

Faraday Effekt (sm)

هي عبارة عن إستداره مستوى الإستقطاب للموجات الكهرومغناطيسية أثناء مرورها في مادة ممغنطة (وقد سمي ذلك بإسم الفيزيائي «فاراداي» ١٧٩١ - ١٨٦٧) . وفي المجال الفلكي فإن ظاهرة فاراداي تلعب دورا أساسيا في تعيين المجال المغناطيسي لمادة ما بين النجوم . وفي ذلك يتم رصد دوران

لذلك توجد بعض هذه الذرات في حالة إقتراب بينها الأخرى في حالة إبتعاد عنا . ويؤدي تراكم ما ينتج عنها من ظاهرة دوبلر إلى إتساع ما تشعه هذه الذرات (أو تمتصه) من خطوط طيفية ، الشيء الذي يعرف بظاهرة دوبلر الحرارية أو إتساع دوبلر . ويزداد إتساع الخط الطيفي كلما إرتفعت درجة حرارة المادة التي تشع (أو تمتص) هذا الخط ، وذلك لأن السرعة المتوسطة للذرات تزداد بزيادة درجة الحرارة . وبهذا يمكن إستنتاج درجة الحرارة من إتساع دوبلر .

عن تفسير إزاحة الخطوط الطيفية إلى الناحية الحمراء من طيف المجموعات النجمية (الإزاحة الحمراء) بواسطة ظاهرة دوبلر ، ← ظاهرة هبل ، ← الكسولوجي .

تم تسمية ظاهر دوبلر بهذا الاسم تبعا لمكتشفها العالم الفيزيائي النمساوي «كريستيان دوبلر» (١٨٠٣ - ١٨٥٣) .

ظاهرة زيمان

Zeeman effect

effet Zeeman (sm)

Zeemann Effekt (sm)

هي إنقسام الخطوط الطيفية كل إلى مركبات عديدة عندما توضع المادة التي تبعث بهذا الطيف في مجال مغناطيسي . وأساس هذه الظاهرة هو تأثير المجال المغناطيسي على الإلكترونات الموجودة في حالة الذرات والتي تسبب في الإنبعاث أو الإمتصاص . فتحت تأثير المجال المغناطيسي تحدث للإلكترونات حركة ترحيحية تؤدي مع الذبذبة الإشعاعية إلى حدوث الإنقسام . يمكن بمعونة ظاهرة زيمان ، وذلك من حجم الإنقسام الخطي ، حساب شدة المجال المغناطيسي . بذلك يمكن من دراسة نجم ما إستنتاج قيمة المجال المغناطيسي الموجود في غلاف النجم . وعندما يكون الإنقسام صغيرا جدا فقط فإن مركبات الخط تظهر غير منفصلة تماما . في هذه الحالة تبدو

الإليكترونات المنبعثة تتناسب مع شدة الضوء الساقط . ويستعان بالظاهرة الضوئية في الخلايا الكهروضوئية ، التي تلعب دورا كبيرا في تكتيك القياس الفلكي (← الفوتومتر) .

ظاهرة موجل - ديلنجو

Mogel - Dellingo effect

effet Mogel - Dellingo (sm)

Mögel - Dellinger - Effekt (sm)

← الظواهر الشمسية - الأرضية .

ظاهرة هبل

Hubble effect

effet Hubble (sm)

Hubble Effekt (sm)

هي الإزاحة المنتظمة للخطوط الطيفية في أطيف المجموعات النجمية الخارجية ناحية الموجات الأطول ، أى ناحية المنطقة الحمراء من الطيف (لذلك تسمى الإزاحة الحمراء) بحيث يزداد مقدار الإزاحة بزيادة المسافة بيننا وبين المجموعة النجمية (مثلا إكتشف هبل) . وعلى وجه العموم فإنه تحدث إزاحة حمراء حسب قاعدة دوبلر إذا ابتعد مصدر الضوء عن المشاهد . وعلى ذلك فإن أبسط تعليل طئي للإزاحة الحمراء في المجموعات النجمية الخارجية هي أن هذه المجموعات تزداد في بعدها عن الطريق اللبنى (حركة إفلات) .

وتتناسب الإزاحة الخطية ، حسب ظاهرة دوبلر ، مع السرعة التي يتحرك بها المصدر الضوئي بالنسبة للمشاهد ، كما تتناسب طرديا مع الزيادة في المسافة بين المشاهد والمجموعة النجمية . وإذا ما فسرنا ظاهرة هبل على أنها ناشئة بفعل ظاهرة دوبلر فإن ذلك معناه أن سرعة ابتعاد المجموعات النجمية عنا تزداد بزيادة المسافة عن مجرتنا ، الشيء الذي يدل أيضا على تمدد الجزء الذي نراه من الكون . ومكان المجرة كمركز لتمدد الكون هو مكان ظاهري فقط ، لأن أى مشاهد في حيز يتمدد بسرعة منتظمة يكون عنده الإنطباع بأنه في مركز هذا التمدد .

مستوى الإستقطاب عند مرور ذبذبات راديوية خطية الإستقطاب خلال مادة ما بين النجوم . وتعتمد زاوية الدوران على شدة المجال المغناطيسى للإشعاع في اتجاه إنتشار الموجات وكذلك على العدد الكلى للإليكترونات الحرة بين منبع الإشعاع والراصد وأيضا على مربع طول موجة الضوء . (وحيث أن طول موجات الذبذبات الراديوية أكثر عشر مرات عن الأطوال الموجية البصرية فإنه ، فقط في هذا النطاق الراديو ، يؤمل رؤية ظاهرة فاراداي) . وإذا ما عرفنا بعد مصدر الضوء ومتوسط كثافة الإليكترونات في مادة ما بين النجوم فإنه يمكننا ، خلال قياسات زاوية الدوران ، تعيين شدة المجال المغناطيسى .

ظاهرة القطب

pol effect

effet du pole (sm)

Poleffekt (sm)

هي كون شدة ← الأشعة الكونية أكبر ما تكون عند القطبين وأصغر ما تكون عند خط الإستواء ، أى أنها تزداد مع زيادة خط العرض . رصد ظاهرة القطب هذه لأول مرة الفيزيائى الهولندى «كلاى» وذلك عام ١٩٢٧ .

الظاهرة الكهروضوئية

photorelectric effect

effet photoélectrique (sm)

Lichtelektrischer Effekt (sm)

هي انفصال الإليكترونات من السطوح التي يسقط عليها الضوء . وبدقة أكثر فإننا نعى بذلك التأثير الكهروضوئى الخارجى . تم إكتشاف هذه الظاهرة في عام ١٨٨٨ بواسطة الفيزيائى «هالواكس» على المعادن (ظاهرة هالواكس) وفسرها آينشتين في عام ١٩٠٥ على أساس نظرية الكم . فالفوتون الساقط يمكنه أن يحرر إليكترونا من السطح الذى يسقط فوقه وذلك إذا كانت طاقة الفوتون $E = h \cdot \nu$ ؛ (حيث h كم بلانك ، ν ذبذبة الضوء) أكبر من الشغل اللازم لإخراج الإليكترون من السطح . من هنا فإن

تتراوح من ٥٠ إلى ١٠٠ كم/ث/ميجا بارسك ومن المهم بمكان ، في المسائل الكسملوجية ، معرفة ما إذا كانت سرعة التمدد تزداد بصورة خطية مع المسافة بينها وبين مجرتنا أو لا تزداد . فليست هناك نتائج دقيقة بخصوص ذلك لأن عدم الدقة في قياس المسافات لا يزال كبيرا ، وإن كان الاختلاف غير كبير عن العلاقة الخطية .

وأكبر إزاحة خطية $\Delta\lambda$ تم قياسها لمجموعة نجمية تقابل سرعة تمدد $v = 144000$ كم/ث ، وهذا بالتقريب $\frac{1}{2}$ سرعة الضوء وذلك بتطبيق المعادلة المعروفة لظاهرة دوبلر : $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$ ؛ (c سرعة الضوء ، λ طول موجة الضوء غير المزاح) . وتقتضى هذه السرعة العالية ، حسب نظرية النسبية ، تغيير معادلة حساب سرعة دوبلر بحيث تصبح المعادلة :

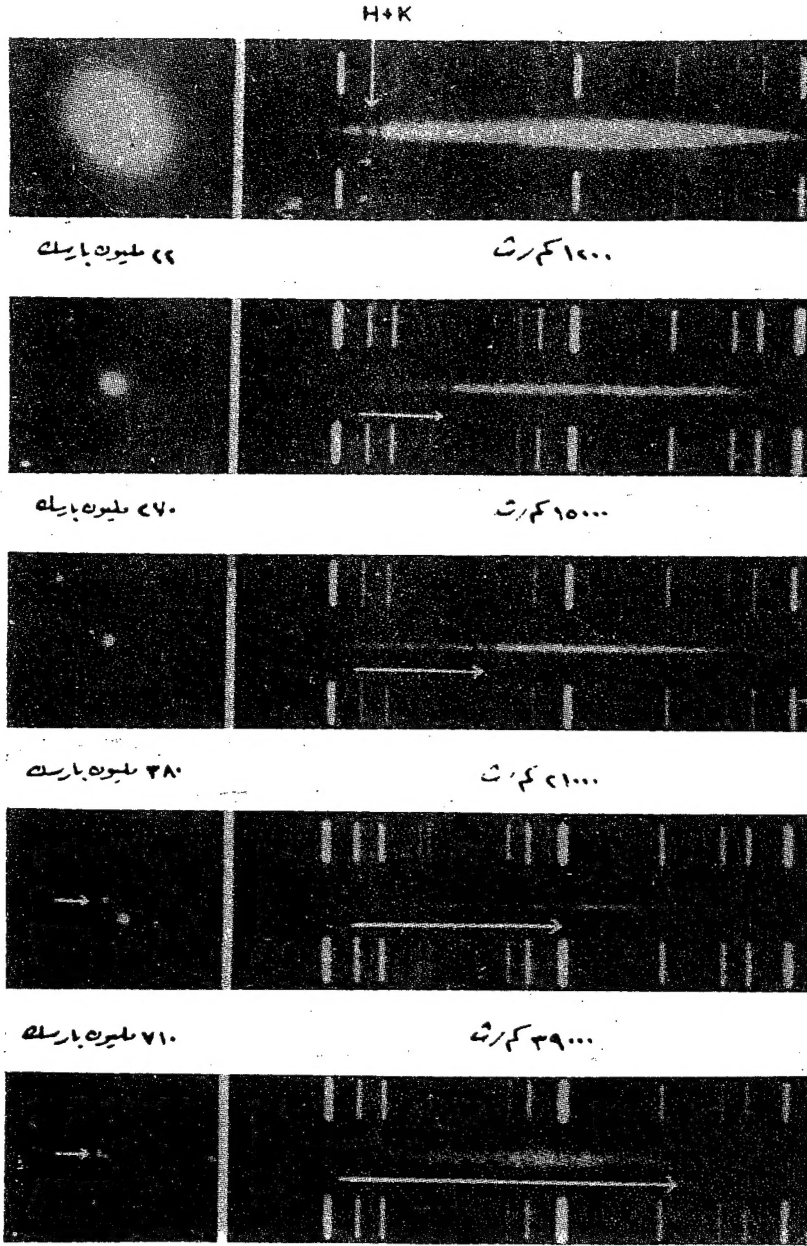
$$\Delta\lambda/\lambda = (\sqrt{1 + v/c} / \sqrt{1 - v/c}) - 1$$

والسرعة الناتجة من ذلك أقل مما نحصل عليه بالمعادلة العادية بحوالى ١٢٪ في حالة السرعة ١٤٤٠٠٠ كم/ث .

لتعليل ظاهرة هبل نوقشت عملية طبيعية أخرى غير ظاهرة دوبلر . ومدلول ذلك أن الفوتونات الضوئية تفقد طاقة أثناء طريقها الذى يستغرق ملايين السنين ، الأمر الذى يؤدي إلى إزاحة حمراء . وظاهرة «الإعياء» هذه في الضوء تكون أكبر ما يمكن بالنسبة للفوتونات الضوئية التى تأتى من أبعد المجموعات النجمية . ولا بد أن نشاهد أيضا أكبر إزاحة حمراء في طيف مثل هذه المجموعات . وكان من الممكن لتعليل ظاهرة هبل على هذا النحو لولا عدم وجود نظريات وأرصاء تؤكد هذه الافتراضات .

ويتضح من الأبحاث الحديثة أن سرعة تمدد المجموعات النجمية الخارجية يزداد بمعدل ٧٥ كم/ث لكل مليون بارسك . وسرعة تمدد مجموعة نجمية تبعد عنا بالمسافة بالمليون بارسك تعطى بالعلاقة : $V = H \cdot r$ ، حيث V سرعة التمدد ، $H = 75$ كم/ث / ميجا بارسك ويطلق عليها ثابت هبل

وليس من السهل تحديد ثابت هبل ، أى مقدار الزيادة في سرعة المصدر مع المسافة . يرجع ذلك إلى أننا لا يمكننا معرفة مسافة تلك المجموعات النجمية بدقة إلا إذا عرفنا اللمعان الظاهري لبعض نجومها بدقة كافية . فمن اللمعان الظاهري واللمعان المطلق لهذه النجوم (يعاير اللمعان المطلق على نجوم مماثلة في مجرتنا) يمكن إستنتاج المسافة . ويفترض في ذلك أن ما يستخدم في تعيين مسافة المجموعات النجمية من أنواع نجمية مختلفة ، مثل نجوم دلتا قيفاوى ذى الدورة المحددة ، له نفس اللمعان المطلق في جميع المجموعات النجمية . ويمكن مشاهدة نجوم في هذه المجموعات النجمية لا تبعد عن مجرتنا بأكثر من ١٦ مليون بارسك . ومن ناحية أخرى لا بد أن تكون المجموعة النجمية على مسافة كافية من مجرتنا بحيث تكون السرعة الغير منتظمة للنجوم ، التى تبلغ ٣٠٠ كم/ث ، صغيرة جدا إذا قورنت بالسرعة المنتظمة لإبتعاد المجموعات النجمية . ويبدو أن هذا هو الحال إبتداء من ١٠ مليون بارسك . وعلى ذلك يمكننا فقط في النطاق الضيق من ١٠ إلى ١٦ مليون بارسك تحديد كل من الإزاحة الحمراء والمسافة بدقة . والمسافات المقاسة تصبح غير دقيقة إذا زادت عن ١٦ مليون بارسك ، لأنه يتم تعيينها فقط من لمعان وقطر المجموعة النجمية ، الشئ الذى يدخله خطأ متظم نظرا للإختفاض الشديد في اللمعان في إتجاه حافة المجموعات النجمية ، وعلى ذلك تصبح قيمة ثابت هبل غير مؤكدة ، ويمكن أن



الإزاحة الخطية في أطراف المجموعات النجمية الخارجية. وقد ميزت مقادير إزاحة خطي الكالسيوم H و K بأسهم للمقارنة. وعلى يسار الأطياف أدرجت مسافات المجموعات النجمية مصدر الطيف تحت صورها.

سبيل المثال ظل القمر أو الأرض أثناء الكسوف أو الخسوف.

الظل الطائر

Shadow bands
ombres volantes (sf)
fliegendes Schatter (sm)

← الكسوف والخسوف.

الظل التام

umbra
ombres (sf)
Kernschatten (sm)

هي المنطقة التي يكون فيها ضوء مصدر ما منعدم تماماً ، بخلاف ← نصف (شبه) الظل ؛ على

الظهر

moon

midi (sm)

Mittag (sm)

هو اللحظة الزمنية لعبور الشمس خط الزوال .
وتبعاً لما نغنى من الشمس الحقيقية أو الشمس
المتوسطة ، التي نتخيلها متحركة بسرعة ثابتة على
طول خط الإستواء السماوى ، فإننا نميز على التوالى
بين **الظهر الحقيقى** و**الظهر الظاهرى** (الساعة ١٢ حقيقى
أو على دائرة الوقت المتوسط) . وارتفاع الظهيرة هو
ارتفاع الشمس عند عبورها خط الزوال .

ويعرف خط الظهيرة (وسط النهار) بما يربط بين
نقطتى الشمال والجنوب (نقطتى تقاطع خط الزوال مع
مستوى الأفق) فى مستوى الأفق ، على أن تطلق
نقطة الظهيرة أيضاً على نقطة الجنوب .

الظواهر الشمسية - الأرضية

Solar terrestrial relations

relation solaires terrestriales (pf)

Solar - terrestrische Erscheinungen (sf)

هى ظواهر معينة تحدث فى جو الأرض بسبب
الشمس . إن الشمس تؤثر بجاذبيتها وإشعاعها بطرق
كثيرة على الحوادث الأرضية . فمن خلال قوة جذب
الشمس تبقى الأرض فى مدارها . وبهذا فإنها تبقى
بانتظام فى منطقة إشعاع الشمس ، الذى يجعل الحياة
على سطح الأرض ممكنة وذلك بفعل مكوناته من
الضوء والتدفئة . كما أن جاذبية الشمس تشارك أيضاً
فى نشأة ← المد والجزر . يفهم تحت الظواهر
الشمسية الأرضية كل الأحداث المرتبطة بالتغير فى
← النشاط الشمسى وفى هذا الشأن فإن مناطق
الإضطراب على الشمس تؤثر بإشعاعها المتغير . ولما
كانت شدة النشاط الشمسى تتغير بدوره قدرها
١١ سنة ، فليس من الغريب أيضاً أن تنعكس هذه
الدورة فى كثير من الظواهر الشمسية الأرضية .
وأحياناً يمكن الربط بين حادثة معينة على الأرض
وبين ظاهرة شمسية بذاتها (مثل إضطراب
شمسى) ، إلا أنه يمكن فى الغالب الإستدلال على

كون حادث معين هو ظاهرة شمسية أرضية أم لا
بواسطة الأبحاث الإحصائية .

يمكن الاحساس بالأشعة الاضطرابية للشمس
على ظهر الأرض أساساً عن طريق :

- (١) الأيونوسفير
- (٢) المجال المغناطيسى الأرضى
- (٣) إضاءة الطبقات العليا من الغلاف الجوى
الأرضى .

(١) والأيونوسفير هو الطبقة من ← الغلاف
الجوى الأرضى ، التى تتأين فيها جزيئاته . ومن هنا
فإنه موصل للكهرباء . وتنقسم هذه الطبقة بدورها
تبعاً للحد الأقصى من كثافة الإلكترونات إلى طبقات
D ، E ، F ، التى يحرى فحصها على أساس
عاكسيها للموجات الراديوية . ويحدث التأين بفعل
الإشعاع فوق البنفسجى من الشمس و- فى الطبقة
F₂ ليلاً - بفعل الإشعاع الجسمى . وتحدث هناك
تغيرات دورية ثلاثة فى ارتفاع وكثافة الطبقة ؛ تغير
يومية ، تغير سنوى ، وتغير كل ١١ سنة مرتبط
بدورة الكلف الشمسى . وعندما ينبعث من الشمس
إشعاع فوق بنفسجى أو تيار جسمى فإن ذلك يعمل
بما فيه من إضطرابات أيونوسفيرية على تغير التأين
بدرجة كبيرة فى الأيونوسفير . والإضطرابات الكبيرة
فى الكروموسفير مصحوبة بإنبعاثات شديدة فى النطاق
فوق البنفسجى من الطيف ، ويتسبب ذلك فى نشأة
الطبقة D ذات التأين الشديد فى الأيونوسفير .
يصاحب ذلك إنخفاض فى إستقبال الأشعة فوق
البنفسجية ، الشيء الذى يعرف ب**ظاهرة موجل
دلنجر** . وعلاوة على ذلك تحدث إضطرابات فى
الغلاف الجوى فى نطاق الموجات الطويلة .

(٢) المجال المغناطيسى الرئيسى ← للأرض هو
عبارة عن مجال مغناطيسى متغير وقصير الدورة ، ينشأ
من التيارات فى طبقة الأيونوسفير . من هنا فإن
التغيرات فى الأيونوسفير تعمل على تغير المجال
المغناطيسى الأرضى ، الشيء الذى يعرف بالتغيرات

العاديات

high velocity stars

étoiles à grande vitesse (pf)

Schnellläufer (pm)

هي نجوم تزيد سرعاتها بالنسبة للشمس عن ٦٥ كم/ث. وليس لهذه النجوم ، عموما ، نفس اتجاه الحركة في الفضاء مثل الشمس في حركتها حول نواة مجموعة سكة التبانة ، وإلا أصبحت سرعتها الحقيقية في الفضاء ، التي تتكون من مركبتى السرعة بالنسبة للشمس وسرعة دوران الشمس حول نواة سكة التبانة (٢٥٠ كم/ث) ، أكبر من سرعة الإفلات (٣١٠ كم/ث) من سكة التبانة عند مكان الشمس . ولو أن نجما تعدت سرعته سرعة الإفلات فإنه يترك مجموعة سكة التبانة ، لأن جذب النجوم الأخرى له يصبح صغيرا بدرجة لا تكفى للإحتفاظ به في المجموعة . أى أن العاديات ليست سابقة للشمس في حركتها وإنما تبقى في الغالب خلفها . من هذه النظرة فإن تسميتها بالنجوم البطيئة يمكن أن يكون مناسباً أكثر . وحركة هذه النجوم يغلب عليها الاتجاه إلى خارج نواة سكة التبانة أو العكس ومن ذلك يبدو واضحا أن العاديات تدور حول سكة التبانة في مدارات ذات إهليجية كبيرة . وربما خرجت هذه النجوم من النواة وتغطس فيها ثانية . وحتى الآن تم إكتشاف حوالى ٦٠٠ عاديا وكلها تنتمى إلى الجمهرة الثانية .

العاصفة الراديوية

radiosturm

orage radio (sm)

Radiosturm (sm)

هي زيادة تستمر لوقت طويل في الاشعاع الراديوى من ← الشمس .

العاصفة الضوئية

burst

sursant radioelectrique (sm)

Bursl (sm)

هي مركبة سريعة التغير من الاشعاع الراديوى ← الشمس .

المغناطيسية . وتعمل الاضطرابات الإشعاعية من الشمس على اضطراب يومى تقريبا في النشاط المغناطيسى الأرضى . ويتسبب الإشعاع الجسمى الشديد ، المنطلق من الشمس أحيانا ، في حدوث اضطرابات كبيرة في المجال المغناطيسى الأرضى ، وهو ما يعرف بالعواصف المغناطيسية .

(٣) تسبب التيارات الجسيمية كذلك عند دخولها جو الأرض في ظهور ← الضوء القطبى ، الذى يحدث في نفس وقت حدوث الاضطراب في كل من الأيونوسفير والمجال المغناطيسى الأرضى . ومن المعروف جدا كظواهر شمسية أرضية بعض الظواهر التبيورولوجية والبيولوجية ، إلا أن علاقة هذه الظواهر مع الأحداث الشمسية لا يزال محل جدال . ومن ذلك العلاقة بين شيوخ الكلف الشمسى والتغير الطفيف في درجات الحرارة في المناطق الإستوائية وكذلك مع كمية المطر . (في خطوط عرضنا يغطى هذا التغير التأرجح الغير منتظم في الطقس) . وكمثال لمثل تلك الظواهر نأخذ بحيرة فيكتوريا في شرق إفريقيا ، حيث يرتفع مستوى ماؤها أثناء قمة الكلف الشمسى حوالى ١ م عنه في حالة الهدوء الشمسى . ومن الواضح وجود علاقة بين عرض الحلقات في جذوع بعض الإشجار وشيوخ الكلف الشمسى . وهناك بعض الظواهر البيولوجية التى لا تزال علاقتها مع النشاط الشمسى غير معروفة ، مثل إنتشار الأوبئة أو التغير في خواص تفاعل الدم (أعداد فلوكنج) .

ع

عائلة المشتري

Jupiter family

famille Jupitaire (sf)

Jupiterfamilie (sf)

هي عائلة من ← المذنبات .

العاكسية

Albedo

albedo (sm)

Albedo (sf)

هي مقياس لقوة إنعكاس الضوء من السطوح الغير مستوية أى غير المرايا . وتعرف أيضا بالبياض أو البريق . يتم معرفة العاكسية بطرق مختلفة مع إفتراض الصلاحية الجزئية لبعض قوانين الإنعكاس . ولا ينطبق التحفظ الأخير على العاكسية الكروية ، التي عرفها «بونند» بأنها عبارة عن نسبة كمية الضوء المنعكسة على مساحة كروية في جميع الاتجاهات إلى كمية الضوء الكلية الساقطة على تلك المساحة . والإفتراض الإضافي بأن الضوء الساقط لابد أن يكون متوازيا متوفر دائما في التطبيق الفلكي نظرا لطول المسافة بين مصدر الضوء والجسم العاكس .

وعاكسية كل من الكواكب والأقمار مهمة في علم الفلك . وحيث أن هذه الأجسام تستمد ضوئها من الشمس فإن لمعانها يعتمد على بعدها عن الشمس وعن الأرض وعلى حجمها ومقدار عاكسيته . ويمكننا تعيين العاكسية إذا عرفنا كل من حجم الجسم وبعده عنا . وعاكسية كل من القمر وعطار صغيرة (الجدول) ؛ ولابد أن هذين الجسمين رديئى العاكسية ، أى أجسام ذات سطوح داكنة . وللكواكب الأخرى عاكسية كبيرة ، على سبيل المثال الزهرة . يرجع هذا إلى أن إنعكاس الضوء لا يحدث على السطح وإنما على الغلاف الجوى الكثيف للكواكب . فللكتل الغازية مثل السحب قدرة إنعكاس عالية . لذلك فإن عاكسية الأرض كبيرة

قيم العاكسية

للأجرام السماوية	الزهرة	الأرض	عطارد	القمر	(قر المشتري) كاليستو
	٠.٧٦	٠.٣٩	٠.٠٦	٠.٠٧	٠.١٥
للمواد الأرضية	الطباشير	السحب	الجرانيت	فيزوفاشا	إتتالافا
	٠.٨٥	٠.٧٠	٠.٣١	٠.١٦	٠.٠٤

نسبيا . وقد أمكن قياسها من لمعان الجزء غير المضاء من سطح القمر .

ويحاول الباحثون الوصول إلى معرفة طبيعة سطح الكواكب عن طريق ما تم قياسه لها من عاكسية ومقارنة ذلك بالمواد الأرضية (← كوكب) .

عالمية الكون

univers postulate
postulat d'univers
Weltpostulität (sm)

← الكسمولوجى .

العبور

culmination, meridian passage
culmination (sf)
Kulmination (sf), Durchgang (sm)

(١) هو اللحظة التي يصل فيها جرم سماوى في أثناء حركته اليومية الظاهرية في السماء إلى أعلى نقطة فوق أو تحت أفق مكان الرصد ، أى أن الجرم السماوى يوجد إما في نقطة العبور السفلى أو العبور العلوى . أما في حالة النجوم الخسان فتواجد كل من نقطة العبور العلوى والسفلى فوق الأفق (الشكل ، ← حركة الأجرام السماوية) . وفي أثناء العبور تكون الأجرام السماوية على خط زوال مكان الرصد .

(٢) هو مرور أى من كوكبي عطارد أو الزهرة أمام قرص الشمس فيشاهد كقرص صغير قائم . وحتى يحدث ذلك لابد من أن يكون للكوكب في الإقتران السفلى عرض بروجى صغير جدا وإلا فإنه يمر أسفل أو أعلى قرص الشمس . ويتكرر عبور عطارد كل ثمانية

السقوط على مركز الأرض تحت تأثير ← قوة الجذب ؛ وفي المعنى العام العجلة التي يبدأ بها جسم في السقوط تحت تأثير جذب ، وناحية مركز ، جسم آخر ، نجم مثلا . فإذا رمزنا لكتلة الجسم الجاذب بالرمز M وإلى نصف قطره بالرمز R فإن عجلة التثاقل : $g = GM/R^2$ ؛ حيث $G = 6.67 \times 10^{-8}$ داین . سم^٢ . جم^٢ عبارة عن ثابت الجاذبية .

وعجلة التثاقل السائدة فوق سطوح الأجسام السماوية يمكن إستخراجها بالنسبة للنجوم التي لا تعرف كتلتها وأنصاف أقطارها ، وذلك من الدراسات الطيفية لأجواء تلك النجوم ، لأن الضغط السائد في جو النجوم وبالتالي ظروف الإثارة والتأين يمكن حسابها بدلالة عجلة التثاقل . وعجلة التثاقل متساوية تقريبا لجميع نجوم التابع الرئيسى ، الشيء الذى يتضح من جدول ← الأبعاد الطبيعية وإعتمادها على النوع الطيفي . وفي حالة النجوم العملاقة فإن عجلة التثاقل صغيرة نظرا لنصف القطر الكبير وذلك بالمقارنة بقيمة عجلة التثاقل للشمس . وبالمثل نجد عجلة التثاقل للأقزام البيضاء كبيرة ، بسبب صغر نصف قطرها ، وتصل آلاف المرات مثل عجلة تثاقل الشمس .

سنوات في المتوسط بينا عبور الزهرة اندر من ذلك بكثير . وفي القرن الماضي حدثت عبورات للزهرة في أعوام ١٨٧٤ ، ١٨٨٢ . وفي القرن الحالى لا يوجد أى عبور من هذا النوع . وأقرب عبور سوف يحدث في عامى ٢٠٠٤ ، ٢٠١٢ . وقد إستخدم عبور الزهرة في الماضي لتحديد إختلاف المنظر بالنسبة للشمس .

العُتْمَة

opacity

opacité (sf)

Opazität (sf), Undurchlässigkeit (sf)

هى خاصية الغاز في إضعاف ما يمر به من إشعاع ؛ ← الإمتصاص .

العجلة

acceleration

accélération (sf)

Beschleunigung (sf)

هى معدل تغير السرعة في وحدة الزمن . ووحدة العجلة هى المتر/الثانية المربعة أو إختصارا م/ث^٢ وعليه فإن ١ م/ث^٢ هى عجلة جسم تتغير سرعته تغيرا مستظما بمقدار ١ م/ث . وتعنى القيم السالبة للعجلة إعاقة للحركة أى إبطاء للسرعة .

عجلة التثاقل

gravity acceleration

accélération de la pesanteur (sf)

Schwerebeschleunigung (sf)

في المعنى الدقيق هى العجلة التي يبدأ بها جسم حر

ويوضح الجدول الآتى قيمة عجلة التثاقل فوق سطح بعض أجسام المجموعة الشمسية ، وتنسب فيه القيم بالنسبة لعجلة التثاقل فوق الشمس .

الشمس	١.٠٠٠	القمر	٠.٠٥٩١	يورانيوس	٠.٣٧٠
عطارد	٠.١٣٨	المريخ	٠.١٣٦	نبتون	٠.٤٠٢
الزهرة	٠.٣٢٠	المشتري	٠.٩٠٠	بلوتو	٠.٢٥٦
الأرض	٠.٣٥٨	زحل	٠.٣٨٠		

يزداد عدد النجوم بشدة كلما قلّ اللمعان الظاهري . وكمثال على ذلك يوجد في الجدول $N(m)$ لمناطق قريبة من مستوى المجرة ولأخرى ذات عروض مجرية عالية ، ويلاحظ أن ذلك كله مأخوذ لطول مجرى متوسط . ومن هذا الجدول يتضح أنه في العروض المجرية الصغيرة يزداد عدد النجوم بسرعة أكبر منه في العروض العليا ، الشيء الذي يحتمه الشكل القرصي لمجموعة سكة التبانة ، المماثل بالنسبة لمستوى المجرة ، كما يحتمه موقع الشمس في هذه المجموعة . ويتضح أيضا تركيز النجوم ناحية مستوى المجرة من النسبة $A(m)$ عند مستوى المجرة أى (A_0) إليها عند قطب المجرة أى A_{90} والمدرجة في العمود الأخير من الجدول . أعداد النجوم $N(m)$ لكل درجة مربعة لسلسلة من اللمعانات الظاهرية المتوسطة في العروض المجرية المختلفة ، وكذلك نسبة $A(m)$ في مستوى المجرة (A_0) إليها عند أقطاب المجرة (A_{90}) .

العدد النسبي للكلف الشمس

sunspot number

nombre relatif des taches solaires (sm)

Sonnenfleck Relativzahl (sf)

← البقع الشمسية .

العدد الترتيبي (العدد الذري)

atomic number

nombre atomique (sm)

Ordnungszahl (sf)

هو عدد البروتونات في نواة الذرة ويعطى هذا العدد إنتاء نواة ذرة ما إلى عنصر كيمائى بذاته وفي نفس الوقت رقم هذا العنصر في الجدول الدوري للعناصر : ← تركيب الذرة .

عدد النجوم

Star number

nombre des étoiles (sm)

Sternzahl (sf)

هو عدد النجوم في وحدة المساحة على الكره السماوية وحتى حد لمعان ظاهري معين m - يرمز لذلك بالرمز $A(m)$ - أو لللمعان الظاهري متوسط m - في هذه الحالة يرمز للعدد بالرمز $N(m)$.

و يتم تعريف العدد $N(m)$ بحيث يشمل كل النجوم في حيز اللمعان من $(m + \frac{1}{2})$ حتى $(m + \frac{1}{2})$. وكل من $A(m)$ ، $N(m)$ يستخدم كمعلومات عددية للإحصاء النجمي ويتم إستنتاجها بواسطة تعداد النجوم إما في كل السماء أو في حقول مختارة .

A_0/A_{90}	$N(m)$ من $^{\circ}40$ إلى $^{\circ}90$	$N(m)$ من صفر إلى $^{\circ}20$	m
٣ر٤	٠٠٠٥٣	٠٠١٣	٤
٣ر٤	٠٠٤٤	٠١٠٧	٦
٣ر٦	٠٣٣٧	٠٨٣٢	٨
٤ر٣	٢٣٣	٦١٨	١٠
٥ر٦	١٣٨	٤٣	١٢
٨ر٤	٦٧٨	٢٧٥	١٤
١٣ر٢	٢٦٧	١٥٥٠	١٦
٢١ر١	٥٤٨	٧٣١٠	١٨
٣٤ر٤	٢١٤٠	٢٨٢٠٠	٢٠
٤٤ر٢	٣١٣٠	٥٠٩٠٠	٢٢

العربة السماوية
Celestial wagon
wagon céleste (sm)
Himmelswagen (sm)

انظر كوكبة ← الدب .

العربة الصغرى
ursa minor
petite ourse (sf)
kleiner Wagen (sm)

انظر كوكبة ← الدب الأصغر .

العربة الكبرى
Ursa Major, great wagon
grande ourse (sf)
grösser Wagen (sm)

انظر كوكبة ← الدب الأكبر .

العرض
latitude
latitude (sf)
Breite (sf)

هو في الفلك إحداثى من إحداثيات النظام البروجى والمجرى . والعرض هو عبارة عن البعد الزاوى لجرم سماوى عن مستوى الإستواء البروجى أو المجرى (الشكل ؛ ← الإحداثيات) . والعرض الجغرافى هو عبارة عن الزاوية المحصورة بين إتجاه قوة الجاذبية فى مكان الرصد ومستوى الاستواء ، ← التحديد الجغرافى للمكان . وتقاس العروض بالدرجات ، بالموجب فى إتجاه القطب الشمالى وبالسالب فى إتجاه القطب الجنوبى .

عزم الدوران
rotational momentum
moment de rotation (sm)
Drehmoment (sm)

هو حاصل ضرب القوة المؤثرة على دوران جسم ما فى المسافة بين نقطة تأثير هذه القوة ومحور الدوران . وحسب عزم الدوران تتغير كمية الحركة الدورانية (← كمية الحركة) .

العدد النوى
atomic number
numéro atomique (sm)
Kernladungszahl (sf)

هو عدد البروتونات فى النواة ← العدد الترتيبى (الذرى) .

علمة مينسكوس
positive Miniscus
Ménisque convergent (sm)
Miniskuslinse (sf)

← المنظار العاكس .

عدم إستقرار الهواء
Seeing

هو ← تألق ضوء النجوم .

العذراء
Virgo, Vir (L)
virgin
vierge (sf)
Jungfrau (sf)

برج يرمز له بالرمز ♍ . وهو إحدى بروج دائرة الحيوانات فى نطاق خط الإستواء السماوى ، ويرى فى ليلال الربيع . والنجم α ← السنبلة شديد اللمعان ، أما بقية النجوم الأخرى فهى أخفت كثيرا . وفى هذا البرج يوجد عدد كبير من المجموعات النجمية الخارجية ، بالإضافة إلى ← المنبع الراديوى العذراء A- . وتعبّر الشمس هذا البرج أثناء حركتها السنوية الظاهرية من منتصف سبتمبر حتى نهاية أكتوبر . فى أثناء ذلك تعبّر الشمس فى حوالى ٢٣ سبتمبر خط الاستواء السماوى فى نقطة الخريف من الشمال إلى الجنوب . ونقطة الخريف توجد فى هذا البرج .

العربة
bear
ourse (sf)
Wagen (sm)

انظر كوكبة ← الدب .

العصا الصليبية

cross stick
bâton croixier (sm)
Kreuzstab (sm)

إحدى ← الآلات الفلكية التاريخية .

العصا المستقيمة

straight stick
bâton droit (sm)
Gradstab (sm)

هي إحدى ← الآلات الفلكية التاريخية .

عصا يعقوب

Jacob's rod
bâton de Jacob (sm)
Jakobstab (sm)

(١) حزام الثلاث نجوم في كوكبة ← الجبار .
(٢) إحدى ← الآلات الفلكية التاريخية .

عطارد

mercury
Mercure (sm)
Merkur (sm)

هو اقرب الكواكب إلى الشمس ويرمز له بالرمز ♿ . يتحرك عطارد في قطع ناقص حول الشمس بسرعة متوسطة قدرها ٤٧٩ كم/ث وزمن دورته (النجمية) حوالي ٠.٢٤ عام . وبإهليجية مداره البالغة ٠.٢٠٥٦ ، فإن عطارد ثاني كوكب في كبر إهليجية المدار . تقدر المسافة المتوسطة للكوكب عن الشمس حوالي ٣٨٧ كم وحدة فلكية وتتأرجح المسافة الحقيقية من ٤٦٦ كم إلى ٣٠٧ كم وحدة فلكية ، كما يتأرجح بعد الكوكب عن الأرض من ٢١٧ إلى ٨٢ مليون كم . ويميل مستوى مدار عطارد على مستوى مدار الأرض بمقدار ٧° . كما يتغير مدار عطارد بإضطرابات عدة أكثرها ألفة لنا هو دوران خط الأوج والخصيص . وهذا الدوران يستعان به كاختبار ← لنظرية النسبية العامة .

يبتعد عطارد عن الأرض إلى أقصى استطاله له حيث يبلغ ٢٧° شرقا وغربا من الشمس ، التي يبدو الكوكب متأرجحا حولها بدورة طولها ١١٦ يوما . أي أن الكوكب يشرق في النادر قبل ساعة من شروق

الشمس وكذلك يغرب نادرا بعد ساعة من غروب الشمس ولهذا السبب يندر مشاهدته على الرغم من لمعانه الذي يصل القدر - ١ . وعلى غرار ← الزهرة فإن لعطارد تغيير أطوار .

يتغير القطر الظاهري لعطارد مع البعد عن الأرض بين ٥ ، ١٥ . وهذا القطر يقدر بحوالى ٤٨٤٠ كم أى ٣٨٪ من قطر دائرة خط الإستواء الأرضى . وعطارد ليس مفلطحا . وكتلته تبلغ ٠.٠٥٦ من كتلة الأرض ، كما تبلغ كثافته المتوسطة ٥.٦٢ جم/سم^٣ أى تقريبا قيمة كثافة الأرض . وبسبب صغر الكتلة فإن قوة الجاذبية على سطح عطارد تبلغ فقط ٣٩٪ من قيمتها على سطح الأرض . وعلى أى حال فإنه لا يزال هناك شك في القيم التي تم تحديدها لكل من الكتلة والحجم وهناك قبا مختلفة لها . وتبلغ مدة دوران عطارد حول نفسه ثلثي زمن دورانه النجمي أى ٨٥.٦٥ يوما .

وبسبب صغر قوة الجاذبية وإتفاع درجة الحرارة يمكن لعطارد الاحتفاظ بغلاف جوى رقيق فقط ، تبلغ كثافته عند سطح الكوكب حوالى ٠.٠٠٣ ، من كثافة جو الأرض . لذلك يمكن مباشرة رؤية سطح الكوكب . وعلى الرغم من ذلك فإن الكثير لا يزال غير معلوم عن تضاريس السطح بسبب ظروف الأرصاد غير الملائمة . ويمكن تمييز بعض التضاريس الكبيرة . ويفترض التشابه العام بين تضاريس كل من سطح عطارد والقمر . ويؤيد ذلك العاكسيه المنخفضة التي تقدر بحوالى ٠.٠٦ . وبسبب دوران عطارد البطيء تسخن جدا الناحية النهارية من سطحه . فيمكن أن تكون درجة حرارة السطح حوالى ٣٥٠ مئوية أو حتى أعلى من ذلك . أما على الناحية الليلية فيمكن أن يؤدي الإشعاع إلى تبريد يصل بدرجة الحرارة إلى - ٢٠٠ مئوية . والإشعاع الساقط على الكوكب والخارج منه لا يتأثران بالغلاف الجوى الرقيق ، أنظر أيضا ← الكواكب .

العطاية

Lacerta, Lac (L)

Lacetra

Lezard (sm)

Eidechse (sf)

هي كوكبة ← الورل .

العقاب

Aquila, Aql (L)

eagle

aigle (sm)

Adler (sm)

هو كوكبة في المنطقة الإستوائية يتم مشاهدتها في سماء ليالى الصيف . وألمع نجم في هذه الكوكبة هو ← الطائر ، الذى يتسمى إلى المثلث الصيفى . وتمتد سكة الثبانه خلال كوكبة العقاب .

العقد (أو العقدتين)

nodes

noeud (sm)

Knoten (pm)

هي نقطة تقاطع مدار جرم سماوى مع المستوى الأساسى للإحداثيات ، وفي حالة المجموعة الشمسية إذا كان هذا المستوى هو مستوى البروج . والعقدة الصاعدة (♈) هي تلك النقطة التى يقطع فيها مدار الجرم السماوى المستوى الأساسى فى اتجاه الشمال ، بينما العقدة الهابطة (♏) فى اتجاه الجنوب . وفي حالة نجم مزدوج يتخذ المستوى المماس للكره السماوية والذى يقع فيه مركز ثقل المجموعة كمستوى أساسى . ويطلق خط العقدتين على الخط الواصل بين العقدتين .

ولتحديد مدار ما فى المجموعة الشمسية فإننا نستعمل بجانب عناصر المدار الأخرى طول العقده الصاعده ، طول العقده ، أى المسافة الزاوية بين العقدة الصاعده ونقطة الربيع (الشكل ، ← عناصر المدار) .

وبسبب الإقلاق المتبادل لأجسام المجموعة الشمسية فإن مدارات الكواكب والأقمار لا تظل ثابتة

وإنما يغلب ان تدور خطوط العقد . وفي حالة الكواكب يبلغ الدوران السنوى ، الذى يحدث فى نفس اتجاه دوران الكوكب فى مداره حول الشمس ، أقل من أ . ويقابل ذلك ١٩٢٠ فى حالة مدار القمر . ويتم حدوث الكسوف والخسوف فقط عندما يتواجد القمر فى عقدة من مداره أو قريبا منها مباشرة . وقد سميت العقدتين قديما بنقطتي الثنين لأن الإنسان القديم اعتقد أن الشمس والقمر يتلعها تنين وقت الكسوف أو الخسوف .

عقد الثريا

Alcyone (L)

هو ألمع نجم فى حشد ← الثريا .

العقرب

Sconpius, Sco (L)

Scorpion

Scorpion (sm)

Scorpion (sm)

هو أحد الأبراج فى نصف الكره السماوى الجنوبيه ويرمز له بالرمز m . وألمع نجم فى هذا البرج هو النجم α (ألفا) ← نير أو قلب العقرب . وبحوب حزام سكة الثبانه خلال البرج وإن كان لمعانه خافت جدا فى العروض العليا وبه فى هذا المكان عديد من السدم المجرية والسحب الداكنة . كذلك يوجد بهذا البرج عدد كبير من الحشود النجمية ، على سبيل المثال M4 التى تقع مباشرة إلى الغرب من قلب العقرب . وتعتبر الشمس فى حركتها السنوية الظاهرة هذا البرج فى بضعة أيام عند نهاية نوفمبر .

العقود النجمية

star chains

chaîne stellaires (pf)

Sternkette (pf)

هي عبارة عن عدد من النجوم موجودة بالقرب من بعضها على الكره السماوية وتظهر مصطفة فى شكل عقد . ولا يزال من غير المؤكد حتى الآن ما إذا كانت هذه العقود متممة إلى بعضها فضائيا ، مثلا ناشئة من شريط سديمي ، فتبلى الشكل ، من مادة

ما بين النجوم ، أم أنها فقط بالصدفة في خط بينا
هي فضائيا بعيدة تماما عن بعضها .

عكس إتجاه المستقر

antapex
antiapex
Antapex

هو الإتجاه إلى النقطة التي تقابل ← المستقر على
الناحية الأخرى من الكرة السماوية .

العلامات الفلكية

astronomical symbols
signes astronomiques (pm)
astronomische Zeichen (pn)

هي ← الرمز .

العلاقة بين طول الدوره واللمعان

period - luminosity relation
relation période - luminosité (sf)
Perioden - Helligkeitsbeziehung (sf)

هي علاقة بين طول دورة التغير الضوئي وبين
اللمعان المطلق في حالة ← نجوم دلتا قيفاوى .

علاقة الكتلة وقوة الإشعاع

mass - luminosity relation
relation masse - luminosité (sf)
Masse - Leuchtkraft - Beziehung (sf)

هي علاقة موجودة بين بعدى النجم ، كتلته
وقوة إشعاعه . ويتضح من الأرصاد أنه في حالة
النجوم ، التي تتبع التابع الرئيسي ، توجد علاقة
وطيدة بين كتلة وقوة إشعاع النجم ، حيث تزداد قوة

الإشعاع مع زيادة الكتلة M . وفي المتوسط يصح
القول بأن قوة الإشعاع تتناسب مع $M^{3.5}$. وبالمثل
توجد لنجوم التابع الرئيسى علاقة بين الكتلة ونصف
القطر ، فيزداد نصف القطر بزيادة الكتلة . ولكلا
العلاقين أهمية كبيرة بالنسبة لنظرية التركيب الداخلى
(← تركيب الداخلى للنجوم) وهناك نجم لما تفسيرا
نظريا .

العلاقة بين الكتلة ونصف القطر

masse - radius relation
relation masse - rayon (sf)
Masse - Radius - Beziehung (sf)

← علاقة الكتلة وقوة الإشعاع .

علم الأحياء الكونى

astrobiology
astrobiologie (sf)
Astrobiologie (sf)

(١) علم ← الحياة على الأجرام السماوية
الأخرى .

(٢) علم الظروف والأخطار التي تواجهها الأحياء
الأرضية أثناء ← رحلات الفضاء وأثناء تواجدها
فوق أجرام سماوية أخرى .

علم السماء

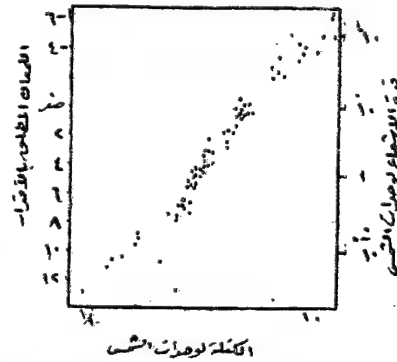
astronomy
astronomie (sf)
Himmelskunde (sf)

هو ← علم الفلك .

علم الفلك

astronomy
astronomie (sf)
Astronomie (sf)

هو علم المادة من حيث توزيعها وحركاتها
وحالاتها الطبيعية وتركيبها وتطورها في الكون . يتم
علم الفلك أيضا بأجسام المجموعة الشمسية (الشمس
والكواكب والأقمار والكويكبات والمذنبات
والنيازك) ، وبالنجوم (النجوم الثابتة) وبالحشود
النجمية والمجموعات النجمية ، التي تنتمى إليها أيضا
مجرتنا ، وكذلك بالمادة الغير نجمية والمتناثرة في



العلاقة المرصودة بين الكتلة وقوة الإشعاع . والنجوم
الثلاثة المنحرفة بعيدا عن التابع العام أقزام بيضاء .

خلال المواقع الفلكية المرصودة ، تحديد دقيق للمدارات ومنها يمكن بعد ذلك حساب المواقع التي سوف نشاهد فيها جسم ما في وقت لاحق (حساب التقويم الفلكي) . يقع هذان المجالان ؛ علم المواقع والميكانيكا السماوية تحت إسم الفلك الكلاسيكي . الذى شمل عمليا حتى النصف الثانى من القرن الماضى كل علم الفلك . وتحتل حاليا ← الفيزياء الفلكية مكانة كبيرة فى الأبحاث الفلكية . وتبحث الفيزياء الفلكية فيما يصل إلى الأرض من إشعاع الأجرام السماوية من حيث للمعان والتركيب الطيفي ؛ ويرجى من ذلك الحصول على معلومات عن الأحوال الطبيعية والتركيب الكيماوى للأجرام السماوية وعن أقطارها وتركيب سطوحها وتركيبها الداخلى وسبب اشعاعها ... الخ . وتنقسم الفيزياء الفلكية بدورها إلى مجالات متعددة وتعمل على دراسة أجسام مختلفة . إن أحدث فروع الفيزياء الفلكية هو ← الفلك الراديوى ، الذى يقوم بدراسة ما يصل من الكون من إشعاعات فى نطاق الموجات الراديوية ، ثم ← فلك الأشعة السينية ، الذى يعمل على قياس الأشعة السينية بأجهزة خاصة خارج الغلاف الجوى للأرض ، ثم ← فلك الأشعة تحت الحمراء و ← فلك النيوتريو اللذان يبحثان معا فيما يصلنا من النجوم من إشعاعات فى نطاق الأشعة تحت الحمراء وإشعاعات النيوتريو الكونية على التوالى . يبحث ← الإحصاء النجمى فى توزيع وحركات النجوم فى مجرتنا ، الشئ الذى يتطلب تعداد النجوم ومعرفة دقيقة بأماكنها وتغيراتها وكذلك يتطلب أرصاد فيزيائية فلكية مثل للمعان وأطياف النجوم . ونحت إصطلاح الإحصاء النجمى تنحصر جميع فروع علم الفلك التى تهتم بالنجوم بطريقة إحصائية أو فيزيائية فلكية على خلاف أجسام المجموعة الشمسية - ومادة ما بين النجوم - . وهناك علم نشأة الكون وتطوره (← الكسوموجوفى) الذى يبحث فى كيفية نشأة

المجموعة الشمسية (مادة ما بين الكواكب) وبين النجوم (مادة ما بين النجوم) وبين المجموعات النجمية (ما بين المجرات) . ولا تنتمى الأرض ، بصرف النظر عن حركتها ، إلى مجال دراسة علم الفلك على الرغم من كونها أحد أفراد المجموعة الشمسية . يرجع ذلك من ناحية إلى أن الانسان قد أدرك متأخرا نسبيا أن الأرض أحد أفراد المجموعة الشمسية ، ومن ناحية أخرى تستخدم طرق لدراسة الأرض غير ما يُستخدم فى دراسة الكواكب . وهناك علوم طبيعية تهتم بدراسة الأرض مثل علم الطبيعة وعلم الجغرافيا وعلم الأرصاد الجوية .

ينقسم علم الفلك إلى مجالات متعددة تختلف تبعاً للهدف منها والطرق المستخدمة فيها وكذلك إلى حد ما فى طبيعة الأجسام التى يجرى دراستها . وقد يكون التقسيم ، الذى يتداخل كثيرا ، تبعاً لوجهات نظر مختلفة تماما . يختص ← علم المواقع أو الفلك الكروى بتحديد مواقع والتغير فى مواقع الأجرام السماوية وكذلك تحديد الإحداثيات اللازمة لذلك والتغيرات التى تطرأ عليها . وعلم المواقع يمثل أساس التحديد الدقيق للمواقع الجغرافية كما يقوم بتحديد الزمن . وفى جميع هذه الاختصاصات فإن علم المواقع لا يهتم بالإجابة على الأسئلة ؛ كيف تتكون الأجرام السماوية فيزيائيا ؟ لماذا تضىء وكيف ؟... الخ بل إنه يراها فى صورة مثالية كنقط ويقوم من خلال القياسات الزاوية بتحديد إتجاه ضوئها ويختص ← الميكانيكا السماوية بدراسة حركات لأجرام السماوية فى الكون ، والى تحدث لها نتيجة لقوة جذب الكتلة . ينطبق هذا فى المقام الأول على حركة الكواكب والأجسام الأخرى فى المجموعة الشمسية حول الشمس . كما ينطبق أيضا على حركة النجوم المزدوجة حول بعضها وعلى حركة النجوم فى الحشد النجمى أو فى المجموعة النجمية . ويمكن بواسطة نتائج الميكانيكا السماوية وعلى سبيل المثال من

وتطور التجمعات المختلفة للمادة في الكون ، بينما يهتم علم نظام الكون (← الكسملوجي) بتركيب الكون ككل . وأخيرا فإن الفلك المعمل يهتم بدراسة ← الآلات أو الاجهزة وطرق الرصد .

يتطلب إنجاز المهام المختلفة إجراء أرصاد وأبحاث نظرية . وعلى العكس من العلوم الأرضية الأخرى مثل الطبيعة والكيمياء فإن إمكانية الأبحاث الفلكية محدودة بعدم قدرتنا على الإقتراب من الاجرام السماوية وبالتالي عدم استطاعتنا إجراء التجارب مباشرة ولكن فقط جمع أرصاد من بعيد . إلا أنه حدث بعض التغيير في هذا المجال نتيجة غزو الفضاء ، الذى مكن الانسان من اجراء أبحاث مباشرة على القمر والكواكب مثل المريخ والزهرة والمشتري وزحل وكذلك في المنطقة القريبة من الأرض من مادة ما بين الكواكب . وما تقوم بالبحث فيه من الأجرام السماوية الأخرى يعتمد على ما يأتينا من هذه الأجرام من أشعة ، سواء ذاتية أو منعكسة على سطوحها أو التى تأثرت بمرورها خلال المادة . وترداد دراستنا صعوبة نتيجة لكون شعاع الضوء ضعيفا جدا من الأساس ، ويزداد ضعفا عدة مرات خلال طريقه من المصدر إلينا . والمستول عن ذلك هى مادة ما بين النجوم وكذلك غلاف الأرض الجوى الذى يسمح بمرور أشعة في نطاق ضيق من حيث طول الموجه . وما نشاهده من هذه الأشعة هو ، على وجه الخصوص ، إتجاهها وشدتها وتركيبها الطيفي وفي المراصد المجهزة تجرى الأرصاد بالاجهزة اللازمة لذلك . كما تمكن وسائل غزو الفضاء من صواريخ وأقمار صناعية من إختراق الجو الأرضي الذى يمثل حاجزا بالنسبة للأرصاد وعن طريق هذه الوسائل يمكننا وضع أجهزة قياس خارج الغلاف الجوى .

إن إجراء الأرصاد ليس هو كل شيء ، ولكن

حل المشاكل الفلكية يتطلب إجراء الأبحاث النظرية لتعليل مثل هذه الأرصاد وإستنباط القوانين منها . وتستخدم في ذلك القوانين المعروفة للرياضة والطبيعة مثل الميكانيكا والديناميكا الحرارية وفيزياء الذرة . ومن جهة أخرى فإن الأبحاث النظرية تشير بإجراء أرصاد جديدة يتم التحقق عن طريقها من صحة نظرية ما أو نستدل بها على تغيير أو تعديل واجب في النظرية الموضوع ، وذلك لأن الأرصاد الدقيقة هى الوسيلة الوحيدة للاستدلال على صحة نظرية ما . وعلى هذا فإنه يتضح أن حالة المعرفة الفلكية تعتمد على تقدم تكنولوجيا الرصد ، أى على الامكانيات المتوفرة التى تتيحها الأخيرة وطرق الرصد المعروفة . كما أن مستوى المعرفة الفلكية يعتمد أيضا على معرفتنا بالقوانين الفيزيائية . لهذا فقد حدث دائما تقدم ملحوظ في علم الفلك عندما ظهرت أجهزة أو طرق رصد جديدة ، على سبيل المثال ، التلسكوب أو الفوتوغرافيا ، أو عندما تطورت مجالات حديثة في الفيزياء مثل الميكانيكا الكلاسيكية أو فيزياء الذرة . ومن جهة أخرى فإن النبضات الجديدة في علم الفلك تنعكس أيضا على تكنولوجيا الأرصاد وعلى علوم الفيزياء .

ومن المستحيل حاليا أن يلم الفلكي بجميع فروع الفلك . لهذا فقد تخصص الفلكيون كما تخصصت المراصد كل في مجال معين . وينقسم الفلكيون إلى نظريين ومعملين وإن كانت الحدود بينهما ليست واضحة كما في علم الطبيعة مثلا . ولا يستطيع الفرد المضى في دراسة علم الفلك بدون معرفة جيدة بعلوم أخرى مثل الطبيعة والرياضة . لهذا تحتوى مقررات الدراسة في الجامعات لطلبة الفلك دروسا متقدمة في هاتين المادتين .

ويقوم هواة الفلك العديدين في جميع أنحاء البلاد بنشر المعلومات الفلكية .

عند البابليين أساسا للفلك الحديث نجد أيضا أن هؤلاء قد تركوا لنا التنجيم العلم المتحل .

كان الفلك عند المصريين أقل منه عند البابليين . ويبدو أن المصري القديم لم يهتم برصد الكسوف والخسوف وتسجيلها بانتظام ولا كان لهم وجهة نظر في حركات القمر والكواكب . وقد إهتم المصريون ، وكان أغلبهم من القساوسة مثل البابليون - بالتقاويم وبالذات تحديد موعد فيضان النيل مسبقا ، والذي كان يقع في هذا الوقت عند الشروق الإحترافي (الهيكلي) للشعري الإيمانية ، أى بداية ظهورها قبل شروق الشمس . وتدل الآثار المصرية القديمة على إهتمام بالنجوم الثوابت بصفة خاصة .

يمكن تتبع الفلك عند الصينيين بصورة موثوق منها حتى في القرن الثامن قبل الميلاد . وعلى الرغم من وجود بعض التقارير (منذ ٢٣٠٠ ق . م) عن الكسوف والخسوف إلا أن ذلك ليس مؤكدا تاريخيا . وما زالت لأرصاء ما بعد ذلك (منذ حوالي عام ٧٠٠ ق . م) قيمة علمية عظيمة . ويبدو أن الصينيين ركزوا بصفة خاصة على الأحداث الفلكية مثل الكسوف ، والمذنبات والشهب والبقع الشمسية وصرفوا النظر عن إيجاد قوانين تصف حركة النجوم الجواله . كما أنهم إكتفوا بإثبات الوقائع الفلكية بدقة كبيرة وربما كان ذلك هو السبب في إيمانهم التنبؤ بأطوار القمر وحسابهم للكسوف مسبقا (في القرن الأخير قبل الميلاد) . وقد كانت الأحداث الفلكية تعلق أيضا بالتنجيم عند الصينيين القدماء ، إذ تقضى الآراء الصينية القديمة بوجود علاقة وطيدة بين الأحداث السماوية والأرضية .

لم يُظهر الفلك عند الهنود مجهودا يُذكر . وكانت الحقائق قليلة جدا في هذا الوقت كما أنها كانت مرتبطة بالألغاز والأسرار . ولم يحدث تقدم ملحوظ إلا بعد الميلاد حيث أخذوا ما هو معروف عند الإغريق من معلومات وجعلوا يطورون فيه .

عرض تاريخي : علم الفلك هو أقدم العلوم الطبيعية . وقد قامت شعوب الحضارات القديمة ، التي ينتمى إليها كل من البابليين والمصريين والصينيين والهنود والمايا ، بأخذ أرصاد فلكية وذلك لسببين : فمن ناحية أعتبرت الأجرام السماوية آلهة وحركتها إرادة الآلهة ومن ناحية أخرى نبعت الأرصاد الفلكية من الحاجة إلى تقسيم زمني . وقد أمكن عن طريق الرصد التكهّن التقريبي بأماكن تواجد الأجرام السماوية في أوقات لاحقة على الرغم من عجز الأقدمين عن تفسير حركات تلك الأجرام . وفي هذا المجال ركز الانسان القديم إهتمامه أساسا على حركات النجوم الجواله والتي ينتمى إليها الشمس والقمر وما يرى بالعين المجردة من الكواكب ، عطارده والزهرة والمريخ والمشتري وزحل . وقد أدت التخيلات الدينية لحركات الأجرام على الكرة السماوية إلى الاعتقاد بإمكانية معرفة الإرادة الإلهية من خلال أماكن الأجرام السماوية ، الشيء الذي أدى إلى علم التنجيم .

وصل الفلك عند البابليين إلى أعلى مستوى بين الأقدمين . وترجع أقدم التقارير عن الحوادث الفلكية عندهم إلى ما قبل عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد ، وإن كانت تتضمن التفسيرات التنجيمية لبعض الحوادث الفلكية . وأكثر الأرصاد الفلكية المؤكدة جدا هو خسوف القمر الذي يرجع إلى عام ٧٢١ ق . م (قبل الميلاد) . بلغ فلك البابليين ثمرته ما بين القرنين الخامس والسادس ق . م . وفي هذا الوقت كان معروفا زمن الدوران الحقيقي للكواكب التي ترى بالعين المجردة وكذلك دورة ساروس للكسوف .

وأعظم إنجازات البابليين الأواخر تمثلها جداول «كدنو» للقمر (حوالي ٣٨٠ ق . م) ، التي استطاعوا بمعرفتها حساب أول وقت ممكن لرؤية الهلال بعد ميلاده ، وهو معقد جدا نتيجة لحركة القمر . وقد بنى الإغريق بعد ذلك معلوماتهم الفلكية على المعرفة البابليونية ، التي عبرت مع فلك العرب إلى الفلك الحديث . وعندما نعتبر في النهاية الفلك

من المؤكد أن الأرصاد الفلكية بدأت مبكرة جدا عند شعوب أمريكا الوسطى وخصوصا المايا . ويحكى على سبيل المثال عن الخسوف الكلى للقمر عام ٣٣٧٩ ق . م . وعموما فإن كثيرا من النقوش على داخل الأبنية الموروثة عن المايا تحكى أساسا عن الأحداث الفلكية وعلاقتها بالتقويم الفلكى ، الذى يسود الاعتقاد بأنهم وصلوا إلى ثمره فيه . ولا يعرف حتى الآن تفسير للمتناقضات فى تأريخ الآثار والأحداث الفلكية المنقوشة عليها .

يرتكز علم الفلك عند الإغريق أساسا على أرصاد الفلكيين البابليين . وقد إهتم اليونانيون بصفة خاصة بمسبات الحدث أكثر من الحدث نفسه وربما كان ذلك هو السبب فى أن النظريات الأولى لمجموعة الكواكب وضعت فى بلاد اليونان . إن الأغريقين هم أول من حاولوا وضع تفسير نظرى لحركة الكواكب النسبية . وقد إنطلق الإنسان فى هذا الوقت من مبدأ أن الأجرام السماوية آلهة مقدسة تسير بصورة مثالية ، أعتقد أن تكون الدائرة المنتظمة . وهيمنت إعتبارات الحركة الدائرية المنتظمة للأجرام السماوية على الأزمان الفلكية القديمة والعصور الوسطى إلى أن إستطاع «كبلر» على أساس من الأرصاد إثبات أن الكواكب تتحرك فى مدارات بيضاوية حول الشمس . وقبل ذلك إفترض «فيلوس كروتون» ، أحد تلاميذ «فيثاغورس» (فى نهاية القرن الخامس ق . م) أن الأرض والشمس وجميع الكواكب تدور فى دوائر حول نار مركزية ، وبواجه النار دائما جانب واحد من الأرض ، بحيث لا يرى النار سكان الجانب الآخر . وخيل للإنسان أن الشمس والقمر والكواكب وكذلك الأرض عبارة عن كرات ملتصقة بكرة كبيرة وتتحرك معها . ثم جاء «هيراقليس» (حوالى ٣٤٥ ق . م) وأسقط من إعتباره فكرة الحركة حول نار مركزية ، وأفترض أن الشمس والكواكب تتحركان حول مركز مشترك بحيث يقع الشمس والأرض دائما فى مقابل بعضهما . أما

حركة النجوم الظاهرية التى أفترضت مثبتة فى كرة كبيرة ، أطلق عليها «كرة النجوم الثابت» ، فقد أعتقد أنها راجعة لدوران الأرض . وقد كانت الخطوات التى تلت ذلك فى تطوير نظرية مجموعة الكواكب من فكر «أرستارخ» (المولود فى حوالى عام ٣٢٠ والمتوفى فى عام ٢٥٠ ق . م) والذى كان عضوا فى أكاديمية الاسكندرية الشهيرة . إفترض أرستارخ وجود الشمس فى المركز ودوران الكواكب وكذلك الأرض حولها . كان «أرستارخ» بذلك هو أول من وضع نظرية الدوران المركزى حول الشمس . أما عدم مشاهدته حركة للنجوم الثابت ، الشيء الذى كان يجب أن يحدث نتيجة لدوران الأرض حول الشمس ، فقد عللها «أرستارخ» بكرة النجوم الثابت للدرجة التى يمكن معها إعتبار مدار الأرض حول الشمس بالنسبة لها صغير جدا . وأرجع أرستارخ حركة النجوم اليومية الظاهرية إلى دوران الأرض حول محورها . ولا يبدو أن أفكار «أرستارخ» قد حازت قبولا ، حيث أن «هيبارخ» و «بطليموس» عارضوها وقاما بنشر تعاليم مركزية الأرض للكواكب . وتبعها تلك النظرية تصبح الأرض مركزا تتحرك حوله جميع الكواكب والأجرام السماوية الأخرى فى مدارات دائرية . وقد أعترض وقتها على دوران الأرض حول مركزها وذلك من وجهة النظر أنه إذا كان ذلك صحيحا فلا بد أن يتحرك كل ما ليس ملتصقا بجسم الأرض فى الاتجاه المضاد . أى أن السحب يجب أن تدور ، على سبيل المثال ، ظاهريا من الشرق إلى الغرب .

بينما كانت النظريات حتى ذلك الوقت لتفسير حركات المجموعة الشمسية فلسفية بحتة فقد إهتم «هيبارخ» العالم الفلكى الشهير عند القدماء (حوالى عام ١٩٠ إلى ١٢٥ ق . م) وبمساعدة نظرية التدوير (الايبيسيكل) التى وضعها «برجى» ، من وصف حركات الأجرام السماوية رياضيا . وأصبح ممكنا ، لأول مرة ، بمساعدة هذه النظرية ، عمل تنبؤات

وأعتمدت في بقائها وتطورها على الثقافات العربية . وإذا لم يكن العرب قد أضافوا كثيرا إلى علم الفلك فقد كان لهم الفضل في صيانة فلك الأقدمين وتحقيقه بالأرصاد ونشره . وقد عرفت معظم المخطوطات الفلكية القديمة بعد ذلك في ترجاتها العربية وقليل جدا من هذه المخطوطات أخذ طريقه المباشر إلى أوروبا .

إن فكرة العرب عن تركيب المجموعة الكوكبية تعود أساسا إلى «بطليموس» . وفي ذلك قام العرب بالأرصاد اللازمة للتأكد مما جاء به «بطليموس» مثل زمن دوران النجوم الجوالة وحسبوا بعض هذه الأزمنة . وتؤكد نظرية الإيبسيكل قيمة جداول الكواكب التي وضعت في ذلك الوقت . أهم هذه الجداول ما وصفه ابن يونس (حوالي عام ١٠٠٠) والجداول الألفونسية ، التي وضعها «ألفونس العاشر» (١٢٢٣ إلى ١٢٨٤) . ومع الانجازات الأساسية للفلكيين العرب ، لابد من ذكر ما هو معروف حتى الآن من إكتشافهم لتغير ميل دائرة البروج ووضع عديد من المصنفات الفلكية ومن بينها ما رصده ونشره أمير التار «ألوج بيك» .

بعد انتهاء فترة الازدهار الفلكي عند العرب التي كانت واضحة في القرن الرابع عشر ، إنتقل مركز الثقل في علم الفلك إلى أرض أواسط أوروبا . وأهم ما نعرفه عن الفلك في ذلك الوقت هو ضبطه للتقاويم وتحديد تواريخ الأعياد المسيحية وبخاصة عيد الفصح ، وكانت نظرية الإيبسيكل لبطلميوس تتخذ أساسا لتلك الحسابات . ولما كانت الاختلافات تتعاظم باستمرار بين ما يسبق حسابه من مواقع وبين المواقع المرصودة للكواكب والقمر فقد زادت الإنتقادات حدة ، لكنها لم تؤدي إلى رفض نظرية بطليموس . وإنما أدت إلى إعادة تحديد الثوابت الفلكية الرئيسية . وقد أدرك الانسان وقتذاك أن باستطاعته وعن طريق الأرصاد فقط أن يصل إلى

مسبقة لمواقع النجوم الجوالة على الكره السماوية مثلما عمل البابليونون بواسطة أرصادهم . وقد طور «بطليموس» (المولود حوالي عام ٩٠ والمتوفى حوالي عام ١٦٠ ب . م) نظرية هيارخ وسيطرت هذه النظرية على الفلك حتى عصر «كوبرنيكوس» (← نظام الكون ، ← نظرية التدوير (الإيبسيكل))

بجانب التفكير في تركيب مجموعة الكواكب قام الفلك عند قدماء الإغريق بالإنجازات أخرى . فقد حاول «أرستارخ» لأول مرة قياس أبعاد وأحجام الشمس والقمر بواسطة الأرصاد . ثم أعاد «هيارخ» تلك الأرصاد ووجد نتائج قيمة مقربة للقمر ، فعلى سبيل المثال قدر البعد بين الأرض والقمر بحوالى $33\frac{1}{2}$ مرة مثل قطر الأرض (بينما قيمته الحالية $30\frac{1}{2}$ مرة) . أما بعد الشمس وحجمها فقد وجد لها قيمة أصغر عشر مرات عما هو معروف اليوم . وهناك إنجاز آخر قام به اليونانيون القدماء يتمثل في القياسات الأرضية التي عملها «إراتوستينس» (٢٧٦ - ١٩٤ ق . م) . ويتطابق ما وجدته من قيمة محيط الأرض تطابقا عجبيا مع قيمته الحقيقية . وأخيرا فلا بد من ذكر سجل النجوم الذي قام بعمله «هيارخ» والتي فقدت للأسف النسخة الأصلية منه . وقد وجد «هيارخ» فروقا في الإحداثيات بين أرصاده وأرصاد النجوم لمن سبقه . وعلل ذلك بأنه راجع إلى تغير منتظم في مركز الإحداثيات ، بذلك أصبح «هيارخ» أول مكتشف للسبق أو تبادر الاعتدالين . وقد قام «بطليموس» بجمع كل المعلومات الفلكية المعروفة حتى ذلك الوقت في كتاب من بين محتوياته مصنف النجوم الذي وضعه «هيارخ» والتي فقدت النسخة الأصلية منه . عرف هذا الكتاب في العصور الوسطى عن طريق ترجمته العربية تحت عنوانه العربي «الماجسطى» ، وظل المرجع الأساسي لعلم الفلك حتى بداية العصور الوسطى .

بعد ذلك إنتقلت المعرفة الفلكية إلى العرب

الحقيقة . وبهذا الاحساس وضع «ريجيومونتان» (١٤٣٦ - ١٤٧٦) خطة تحديد تلك الثوابت الفلكية اللازمة لتحديد الكواكب ومداراتها من جديد وذلك عن طريق الأرصاد المنتظمة لحركاتها ، لكنه لم يستطع تحقيق ذلك نظرا لموته العاجل . وبطريقة مماثلة عمل «ج. برباخ» (١٤٢٣ - ١٤٦١) والذي وضع فيما حصل عليه من معلومات أن الكسوفات الشمسية الكاملة وإن كانت تحدث نادرا إلا أنها ممكنة الحدوث . ولم يصدق «تيكوبراهي» تلك المعلومة .

حدث بعد هذا تغير حقيقى ليس راجعا لناعية الأرصاد الفلكية لكنه يرجع إلى الأبحاث النظرية . جاء ذلك نتيجة إعادة التفكير في الأساس النظرى لنظرية الكواكب . وكان ذلك من عمل «كوبرنيكوس» (١٤٧٣ - ١٥٤٣) ، الذى وجد أن نظرية مركزية الشمس تعطى تفسيرا أكثر بساطة لحركات الكواكب عن نظرية مركزية الأرض لبطلميوس . بذلك فإنه من الأسهل التصور أن حركة النجوم الظاهرية راجعة إلى دوران الأرض حول محورها بدلا من الزعم بأن الأرض ثابتة في المركز والنجوم الثابتة تدور حولها مثبتة في الكرة السماوية .

افترض «كوبرنيكوس» أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات إهليجية وبسرعات منتظمة . ولم يستطع «كوبرنيكوس» تحليل الفروق بين النظرية والأرصاد ، الشيء الذى أبقي على نظرية الايبسيكل . وقد كانت تلك الفروق بجانب اعتراضات فلسفية ودينية أخرى سببا جعل الفلكيين الممتازين ومنهم «تيكوبراهي» يرفضون معتقدات «كوبرنيكوس» . بالإضافة إلى ذلك فقد كانت هناك اعتراضات موضوعية ضد دوران الأرض حول الشمس كما كانت ضد نظرية «هيارخ» . وكان أصعب هذه الاعتراضات هو عدم وجود حركة اختلاف المنظر للنجوم الثابتة . إنه وإن كانت نظرية كوبرنيكوس قد اصطدمت بمقاومة عاتية إلا

إنها ظلت مضاهية لنظرية بطلميوس التى ظلت سائدة حوالى ألف وخمسمائة عام . حاول تيكوبراهي (١٥٤٦ - ١٦٠١) إيجاد نظرية خاصة للكواكب كحل وسط بين نظريتي بطلميوس وكوبرنيكوس لكنها لم تحظى بالرضى كنظرية منفصلة . كان تيكوبراهي يمثل رأى بأننا نستطيع فقط من خلال الأرصاد الدقيقة أن نقارن بين النظريتين . وأعطى تيكوبراهي بأرصاده الدقيقة لخليفته «كبلر» ، الذى كان يعمل رياضيا في بلاط القيصر بمدينة براغ ، إمكانية الفصل بين النظريتين ، فانجاز جون كبلر (١٥٧١ - ١٦٣٠) لنظرية كوبرنيكوس وحاول شرحها في بحثه الذى سماه «بأسرار الجغرافيا الفلكية» وذلك على أسس رياضية . بالرغم من ذلك لم يستطع كبلر إيجاد توافق بين فكرته وبين الحقيقة . وعندما جاء إلى براغ لدراسة أرصاد براهي على المريخ حاول تعليها بحركة دائرية أولا ثم بحركة في مجسم دائرى حول الشمس . لكنه لم يوفق في إثبات صلاحية أى من الحركتين . واستطاع فقط إيجاد تطابق بين الأرصاد والنظرية عندما بدأ في جعل الكواكب تتحرك في مدار إهليجي تحتل الشمس إحدى بؤرتيه . قام كبلر بنشر اكتشافاته قانوني كبلر الأول والثاني في بحث سماه الفلك الجديد «أسترونوميا نوفا» . وقد أثبت بهذا الاكتشاف أن مركزية الشمس أبسط كثيرا عن نظرية الايبسيكل وأن مركزية الشمس تعطى بمجموعة قوانين كبلر الجداول الآلفونسية للكواكب . ثم نشر كبلر قانونه الثالث الذى يبين العلاقة بين زمن الدوران وحجم المدار في بحثه «هارمونيكا موندى» . وقد تخيل كبلر النجوم الثابتة كما لو كانت منتظمة في غلاف رقيق لكرة تحدد نهاية الكون . وقد رفض كبلر بذلك رفضا قاطعا تعاليم برونو (١٥٤٨ - ١٦٠٠) التى تقول في معرض من حديثها عن تصورات فلكية غير معتمدة على تدليل ، بأن النجوم الثابتة عبارة عن شمس أخرى مبعثرة في جميع أنحاء الكون .

وفي وقت المنازعات على أصح نظرية للكواكب

كانت التحسينات التي طرأت على المناظير وطرق تركيبها وكذلك على الساعات هامة في النجاح التالي لعلم الفلك . وعلى وجه الخصوص لابد من ذكر «رومر» (١٦٤٤ - ١٧١٠) الذي بنى أول دائرة زوال في عام ١٧٠٤ ، وكذلك هيجتر (١٦٢٩ - ١٦٩٥) الذي بنى أول ساعة ذات بندول . قامت أولى المراصد الكبيرة في ذلك الوقت ، بعد تلك التي شُيّدت في عهد تيكونيراهي ؛ مثل مرصد باريس في حوالى عام ١٦٧٠ وبعده بقليل من السنين مرصد جريتش ثم المرصد الذي أفتتح في برلين عام ١٧٠٠ .

إستطاع كازيني (١٦٢٥ - ١٧١٢) في عام ١٦٧٢ ، وباستعمال قانون كبلر الثالث حساب المسافة الهامة بين الشمس والأرض وذلك باستعمال أرصاد المريخ . وقد كان هذا أول تحديد دقيق لبعد جرم سماوى أبعد من القمر . وأقترح هالى (١٦٥٦ - ١٧٤٢) في عامى ١٦٩٣ ، ١٧١٢ طريقة محسنة لذلك . كما قام هالى لأول مرة في عام ١٧٠٦ بحساب مدار المذنبات حول الشمس وأوجد أزمان عودة المذنب المسمى بإسمه . وكانت طريقته تحديد المدارات قد عُرِفَت عن نيوتن قبل ذلك . ومن خلال هذه الحسابات أصبح من الواضح أن المذنبات هي أجرام سماوية قائمة بذاتها وليست ظواهر تحدث في جو الأرض كما ساد من إعتقادات في العصور الوسطى وبعض الأحيان بعد ذلك بقليل . كذلك حاول الفلكيون دائما إكتشاف إختلاف المنظر الناتج عن حركة الأرض في دورانها حول الشمس . ولو أن هذا لم يتم حتى في القرن الثامن عشر إلا أن التحديد الآخذ في الدقة للمواقع أعطى ثماره ؛ ففي عام ١٧١٨ إكتشف هالى الحركة الذاتية للنجوم . وفي عام ١٧٢٨ إكتشف برادلى (١٦٩٢ - ١٧٦٢) الزيج الضوئى . كما ظهرت مصنفات نجمية جديدة بعد أن أصدر «هيفيلوس» آخر مصنف قبل إستعمال المنظار في عام ١٦٦١ . ومن المصنفات المعروفة ما أصدره

حدث إختراع المنظار الذى تطور بسرعة ليكون أهم آلة بالنسبة لعلماء الفلك . وبإختراع المنظار ترتبط إكتشافات هامة جذبت إهتمام الناس وأدت إلى تغيير بعض المعتقدات الحديثة عن الفلك . كان من بين ما أكشف جاليليو (١٥٦٤ - ١٦٤٢) بواسطة منظار ذا عدسة واحدة من صنع يده كل من أقمار المشتري وتغير أطوار الزهرة والجبال القمرية وكذلك حقيقة أن سكة التبانة مكونة من مجموعة كبيرة من النجوم . وقد أعتبرت هذه الإكتشافات دليلا على صحة تعاليم كوبرنيكوس . والشئ العجيب أن جاليليو نفسه لم يهتم بتعاليم كبلر الواضحة . في نفس الوقت تقريبا تم كذلك إكتشاف البقع الشمسية ثم إكتشف «فابريشيوس» (١٥٦٤ - ١٦١٧) أولى النجوم المتغيرة ووضع «باير» (١٥٧٢ - ١٦٢٥) أول خريطة ممكنة الإستعمال للنجوم . كما تم في هذا الوقت أيضا تعديل التقويم في عهد البابا جريجورى الثالث عشر (١٥٨٢) .

يغلب على القرن الذى تلى كبلر اسم نيوتن (١٦٤٣ - ١٧٢٧) . وكان كبلر قد قال بناءا على دراساته لحركة الكواكب حول الشمس أن هناك قوة تخرج من الشمس وترغم الكواكب على البقاء في مداراتها إلا أنه لم يوفق في الجيىء بدليل على ذلك . وبقي هذا لنيوتن ، الذى أثبت أن القوة التى تسبب حركة الكواكب حول الشمس تتناسب عكسيا على مربع المسافة بين الكواكب والشمس . وأصبح بذلك واضحا تمثيل حركة الكواكب حول الشمس في قطاعات مخروطية عن طريق تطبيق قانون كبلر الثانى وأستنتج نيوتن أن هذه القوة مشابهة تماما لتلك القوة التى تجعل على سبيل المثال حجرا يسقط على الأرض . نشر نيوتن قانون الجاذبية الذى نتج عن هذه الأفكار في بحثه الرئيسى «فيلوسوفيا ناتوراليس برنسيپيا ماتيماتيكيا» واستطاع بمعونة هذا القانون وضع نظرية لكل من المد والجزر والسبق أو تبادر الإعتدالين .

طُور طريقته لتحديد المدارات فأمكن بواسطتها تحديد زمن ومدار الكويكب . بعد ذلك بدأ البحث عن تلك الكويكبات فاكشفت منها ثلاثة ؛ بواسطة «أولبرز» عام ١٨٠٢ و«هاردنج» (١٧٦٥ - ١٨٣٤) في عام ١٨٠٤ ثم «أولبرز» ثانية في عام ١٨٠٧ .

اكتسب «هرشل» شهرته نتيجة لإكتشافه يورانوس وشجعه ذلك على مواصلة دراساته الكلاسيكية لتوزيع النجوم في الكون . وفي هذا المجال ظهرت في منتصف القرن الثامن عشر ثلاثة أعمال توقعت نتائج أبحاث جاءت بعدها بوقت طويل ؛ في عام ١٧٥٠ عمل من أعمال «رايت» (١٧١١ - ١٧٨٦) أدى في عام ١٧٥٥ الى ظهور «التاريخ الطبيعي العام ونظرية الكون» «لأمانويل كانت» (١٧٢٤ - ١٨٠٤) والمحادثات الفلكية من «لامبرت» (١٧٢٨ - ١٧٧٧) . فيما اعتبر كبلر النجوم الثابت ملتصقة بكرة ثابتة فقد ظهرت في هذه الأعمال توقعات أن النجوم موزعة في الفضاء داخل نظام نجمي مبسط يظهر للرأى من على سطح الأرض كحزام سكة التبانة . وقد وضع «كانت» بذلك الأسس العلمية لنشأة وتطور مجموعة الكواكب والتي يُعتد بها في النظريات الحديثة وتذكر في الغالب مرتبطة بعمل لابلاس .

أراد هرشل تحديد تركيب المجموعة النجمية من خلال تعداد النجوم الموجودة في عدسة منظاره الذي بناه بنفسه ، وبذلك أصبح مؤسساً لعلم الإحصاء النجمي . وقد توصل هرشل إلى الاقتناع بأن النجوم موزعة في نظام عدسي مفلطح ، لكن الأبعاد التي إستتجها لهذا النظام أصغر بكثير من الحقيقة . ومن خلال ما تجمع له من معلومات عن السدم المضيئة الدائرية والبعيدة وصل هرشل إلى الإعتقاد بأنها شبيهة بالطريق اللبنى . إلا أنه تنازل عن هذا الإعتقاد بعد ذلك على الرغم من أننا الآن نعرف صحته .

المديرون الثلاثة لمرصد جريتش ؛ فلانمستيد (١٦٤٦ - ١٧١٩) وهالى ويرادلى . وقد كان ما أصدره هالى في عام ١٦٧٩ هو أول مصنف لنصف الكرة السماوى الجنوبي .

بعد إكتشاف الجاذبية تطور علم الديناميكا السماوية كفرع من فروع الفلك وساد حتى بداية القرن التاسع عشر . وإذا بدت حركة جسمين حول بعضهما سهلة فإن هناك كثيراً من الصعوبات تقابلنا عندما نأخذ في الاعتبار تأثير جسم ثالث على مداريهما . بهذه المسألة إنشغل كبار الرياضيون والفلكيون في القرن الثامن عشر ، الذى يُمثل نصفه الثانى عصر إزدهار لتلك الدراسات . وهنا يأتي ذكر أسماء كل من «أويلر» (١٧٠٧ - ١٧٨٣) ، و«كليروت» (١٧١٣ - ١٧٦٥) ، و «دالمبرت» (١٧١٧ - ١٧٨٣) وأخيراً «لاجرانج» (١٧٣٦ - ١٨١٣) ولا بلاس (١٧٤٩ - ١٨٢٧) . وتوج هذه الفترة البحث المشهور بعنوان «ميكانيك سيليسى» (١٧٩٩ - ١٨٢٥) الذى قام فيه لابلاس بإلقاء نظره على أعماله وعلى نتائج الميكانيكا السماوية التى تمت في عصره . وفي نطاق الميكانيكا السماوية تم تبسيط طريقة تحديد مدارات المذنبات في عام ١٧٩٧ بواسطة «أولبرز» (١٧٤٨ - ١٨٤٠) تبسيطاً كبيراً . كما قام «جاوس» (١٧٧٧ - ١٨٥٥) بحل مشكلة تعيين مدارات الكويكبات كلية في بحثه المنشور عام ١٨٠٩ حتى أن طريقته يمكن إستعمالها حتى الآن بتعديلات بسيطة فقط على أجزاء غير مهمة .

في هذه الفترة نجحت الأرصاد في شيئين جذبا انتباه العامة أكثر من التقدم النظرى . ففي عام ١٧٨١ إكتشف «هرشل» (١٧٣٨ - ١٨٢٢) يورانوس ، أول كوكب لم يكن معروفا منذ القدم . وفي ١٨٠١/١/١ إكتشف «بيازى» (١٧٤٦ - ١٨٢٦) «سيرس» ، أول كويكب . وقد كان من الممكن أن لا تدرج الأرصاد هذا الكويكب لولا أن «جاوس»

هذا النجاح تماسك وصلاحيه الميكانيكا السماوية . وقد تكررت الأحداث عند إكتشاف الكوكب بلوتو ، الذى تنبأ بوجوده «لوفل» (١٨٥٥ - ١٩١٦) على أساس اضطرابات تحركات نبتون وتم إكتشافه فى عام ١٩٣٠ وإن كان هذا الحدث لم يترك نفس الانطباع الذى تركه إكتشاف نبتون .

أصبحت الميكانيكا السماوية ببعض التجمد بعدما وجده «بوانكاريه» (١٨٥٤ - ١٩١٢) و«برونز» (١٨٤٨ - ١٩١٩) من أنه لا يوجد حل كامل لمسألة حركة الثلاث أجسام .

تميز النصف الثانى من القرن التاسع عشر بظهور مجال جديد هو الفيزياء الفلكية . فبينما لم يهتم الباحثون بالحالة الطبيعية للأجرام السماوية نجد أن هذه الدراسات أخذت تحتل مكانا يزداد فى الكبر يوما بعد يوم فيما بعد . والفيزياء الفلكية تمثل حاليا المجال الأساسى فى دراسة الفلك . وترجع الإنتصارات الكبيرة للفيزياء الفلكية إلى إدخال التصوير الفوتوغرافى فى الفلك ، حيث أصبح من الممكن عن طريق ذلك دراسة أجسام خافتة الإشعاع . ينطبق هذا بصفة خاصة على دراسة أطيف النجوم الذى لم يكن ممكنا بدون التصوير الفوتوغرافى . كذلك فقد نتج أيضا عن طريق إدخال التصوير فى فلك المواقع إرتفاع بدقة الأرصاد .

تمكن «فراونهوفر» (١٨٢٦ - ١٨٨٧) فى عام ١٨١٤ من قياس ٥٠٠ خط من طيف الشمس . واستنتج كيرشوف (١٨٢٤ - ١٨٨٧) وبنسون (١٨١١ - ١٨٩٢) من مقارنة خطوط فراونهوفر بطيف العناصر الأرضية فى المعامل ، أن هذه الخطوط الطيفية ناتجة من عناصر أرضية كثيرة معروفة وفى حالة غازية . ويمكن اعتبار هذا البحث (١٨٥٩) بداية للفيزياء الفلكية الحقيقية . فمن خلال هذا الإكتشاف أمكن رفض الفكرة التى تمسك بها «بيزل» على سبيل المثال والتى تقضى بأن للشمس

تميز كل من القرن التاسع عشر والعشرين بتطور ما لدينا من معلومات فلكية إلى علم مستقل للفلك يزداد فى الإعتماد على نفسه . إلا أنه كان هناك بعض الفلكيين الذين تمسكوا بفلك المواقع ومن هؤلاء «بيزل» (١٧٨٤ - ١٨٤٦) أحد كبار الفلكيين فى عصره . إعتقد «بيزل» أن واجب الفلك الوحيد هو إيجاد قواعد لحركة الأجرام السماوية نستطيع بمعاونتها تحديد المواقع فى أى وقت ، أما ماعدا ذلك وإن كان مها إلا أنه لا يستحق منا الإهتمام الكبير . وبهذه النظرة عكف «بيزل» على تحسين أسس تحديد المواقع وأعاد تعيين ثوابت الترنج والسبق والزيج والإنكسار بكل إهتمام وزاد من دقة أرصاد المواقع إلى أقصى حد معروف فى زمنه . بذلك أصبح من الممكن تحديد أول اختلاف فى منظر النجوم الثوابت . كما تمكن «بيزل» بالإضافة إلى ذلك من تحديد بعد النجم ٦١ - الدجاجة . وفى نفس العام أمكن نفس الشيء لكل من النجوم ؛ النسر الواقع وألفا قنطورس بواسطة كل من «ستروفا» (١٧٩٣ - ١٨٦٤) وهندرسون (١٧٩٨ - ١٨٤٤) . وبهذا عرفنا من الكون منطقة أوسع من مجموعتنا الشمسية . وقد إعتنى «ستروفا» ومساعدوه فى مرصد بلكوفو بالدراسات عن النجوم المزدوجة التى أسسها «هرشل» ووصلوا بها إلى ذروتها .

فى حوالى منتصف القرن التاسع عشر عاصرت الميكانيكا السماوية أكبر نصر لها وذلك بإكتشاف الكوكب الجديد نبتون . وقد كان توقع وجود هذا الكوكب أولا بالحسابات وذلك عن طريق الاضطرابات التى يثيرها هذا الكوكب على حركة الكوكب يورانوس وكان أن تم إكتشاف نبتون بعد ذلك فى السماء قريبا من الموقع المحسوب . قام بالحسابات فى نفس الوقت كل على إنفراد «ليفيرير» (١٨١١ - ١٨٧٧) و«آدمز» (١٨١٩ - ١٨٩٢) . ثم تمكن «جالى» (١٨١٢ - ١٩١٠) فى عام ١٨٤٦ أيضا من إكتشافه مستعملا حسابات ليفيرير . أثبت

من إحراز تقدم كبير في دراسة أطياف النجوم .
 أمكن من دراسة أطياف النجوم ، بتحليل
 عال ، قياس إزاحات خطية راجعة لظاهرة
 دوبلر ، والحكم عليها بأنها ناشئة من حركة خطية
 للنجم كله أو القشرة الخارجية منه التي يأتينا منها ضوء
 النجم . وكان «فوجل» و«شتير» (١٨٥٨-
 ١٩١٣) في عام ١٨٩٠ أول الذين قاسوا السرعات
 الخطية . وأدت هذه الأبحاث إلى زيادة معلوماتنا عن
 حركات النجوم . وفي أثناء البحث في السرعات
 الخطية للنجوم تم اكتشاف النجوم المزدوجة طيفيا
 (المزدوجات الطيفية) . كذلك أمكن من خلال
 الدراسات الطيفية تفسير التغير الإشعاعي لأنواع
 معينة من النجوم المتغيرة : فقد تمكن «يلوبولسكى»
 (١٨٥٤-١٩٣٤) من إثبات أن السرعات الخطية
 في الطبقات الخارجية للنجم دلنا فيفاوى تغير
 دوريا ، الشيء الذي يوحى بنبض ، أى تغير دورى
 في قطر النجم . ومن خلال دراسة السرعات الخطية
 لمجموعة متغيرة أخرى أمكن إثبات أن تغير ضوئها
 راجع إلى الاختفاء الدورى لمضوى نجم مزدوج .
 بهذا أصبح واضحا ماهية اختلاف الضوء في كل من
 النجوم النابضة والمتغيرات الكسوفية .

ونتيجة لإمكان تحديد السرعة الخطية ، أصبح
 ممكنا كذلك تعيين كتل النجوم المزدوجة .

كان تحديد لمعان النجوم يسير تبعا للتقدير حتى
 منتصف القرن التاسع عشر ، بحيث كان المقياس
 الذى وضعه بطليموس للنجوم التى ترى بالعين
 المجردة ، يطبق كذلك على ما يُرى بالمنظار من نجوم ،
 إلى أن جاء التحديد الدقيق لمقياس اللعان والذى
 يحتوى على تعليمات دقيقة لتعيين قدر النجم وذلك في
 عام ١٨٥٤ بناء على إقتراح «بوجسون» (١٨٢٩-
 ١٨٩١) . وتبعاً لذلك أعيد بناء الطرق الفوتومترية
 واستُعملت أجهزة القياس . وقد بذل «ترولر»
 (١٨٣٤-١٨٨٢) جهودا كثيرة في هذا المجال

نواة تظهر داكنة من خلال البقع الشمسية ، لأنها
 ليست صحيحة فيزيائيا . وجاءت الدراسات الطيفية
 للشمس في نهاية القرن التاسع عشر في أبحاث
 «رولاند» (١٨٤٨-١٩٠١) ، والذى قاس ما
 يقرب من ٢٠٠٠٠ خط طيفي . وبمرور الزمن إكتشف
 تطابق خطوط أكثر منها مع أطياف العناصر
 الأرضية . وقد أتت الأبحاث على أطياف البقع
 الشمسية بتقدم آخر حيث أثبت وجود مجال
 مغناطيسى قوى جدا في بعض الأماكن كما أوضح
 ذلك هالى (١٨٦٨-١٩٣٨) في عام ١٩٠٨ . ولما
 كانت الشمس هى أقرب نجم إلى الأرض فقد تركز
 عليها إهتمام الفلكيين حتى أنه نشأ بمرور الوقت ما سُمي
 «بفيزياء الشمس» . ويؤخذ منذ زمن طويل أرصاد
 النشاط الشمسى بانتظام . وتمكن «شوابا»
 (١٧٨٩-١٨٧٥) ، والذى قام بالتسجيل اليومى
 للبقع الشمسية ورسمها بانتظام منذ عام ١٨٢٦ ،
 وذلك في عام ١٨٤٣ من إكتشاف دورية شوبع البقع
 الشمسية بينها تمكن «وولف» (١٨١٦-١٨٩٣)
 من تحديد هذه الدورة . عرفت في ذلك الوقت أيضا
 العلاقة بين ماهية البقع الشمسية والمجال المغناطيسى
 الأرضى وكذلك اعتماد فترة دوران الشمس على خط
 عرض الحزام المرصود منها .

قام «سيخى» (١٨١٨-١٨٧٨) بدراسة أولى
 أطياف النجوم . وأدخل في عام ١٨٦٨ أول تقسيم
 لطيف النجوم ، الذى قام «فوجل» (١٨٤١-
 ١٩٠٧) بتطويره في عام ١٨٧٤ . وقد كانت أعمال
 «هيجتز» (١٨٢٤-١٩١٠) من الأعمال الرائدة
 حيث تعرف على خطوط الهيدروجين ومعادن أخرى
 في طيف النجوم . بذلك أمكن إثبات أنه من العناصر
 الموجودة على سطح الأرض توجد بعضها على الأقل
 في أجواء الشمس والنجوم . من هنا وجد إفتراض
 وحدة مادة بناء الكون دليلا يرتكز عليه وربما تأكد
 بذلك تماما . وقد مكن بناء المطيافات النجمية
 للكبيرة ، والذى عمل «فوجل» من أجلها الكثير ،

(١٨٨٢ - ١٩٤٤) من خلال أفكاره عن إنتقال الطاقة المتحررة في داخل النجم إلى الخارج على هيئة اشعاعات . وفي عام ١٩٣٨ استطاع « بيتي » و« فون فيزاكر » إثبات وجود عمليات نووية لها القدرة على إنتاج الطاقة الهائلة تُشعها النجوم . تقوم الأبحاث في نظرية بناء النجوم هذه الأيام بحساب نماذج نجمية وكذلك ببحوث خاصة عن تطور النجوم . وفي هذا الشأن أمكن باستخدام الحاسبات الاليكترونية ذات الكفاءة العالية حساب التطور الزمني الذي يحدث في ملايين السنين وبلايينها في تركيب النجوم . كما أمكن كذلك إعطاء تفسير نظري لتوزيع النجوم في الشكل (هرتز سبرنج - رسل) الذي أوجده كل من «هرتز سبرنج» (١٨٧٣ - ١٩٦٧) و«ورسل» (١٨٧٧ - ١٩٥٧) . وقد أخذت الأبحاث حول نشأة النجوم تزداد في الأهمية وكان إكتشاف التجمعات النجمية بواسطة الفلكي السوفيتي «أمبرتسوميان» عام ١٩٤٧ ذو أهمية كبيرة في هذا المجال .

في مجال أبحاث مجرتنا تأتى أبحاث «زيليجر» (١٨٤٩ - ١٩٢٤) و«كابتين» (١٨٥١ - ١٩٢٢) بعد ما قام به «هرشل» من أبحاث . حاول الإثنان وضع شروحا رياضية شكلية لتوزيع النجوم ، لكنه ثبت أن ذلك لا يعطى التوزيع المشاهد لها وحتى يمكننا ذلك لابد لنا من تطبيق طرق إحصائية بحتة ، قام «كابتين» بالإنتهاء من عمل غاليليا . وكان «شالي» أول من إستنتج الأبعاد الحقيقية لمجرتنا ، حيث حدد في عام ١٩١٨ وبدقة مسافة الحشود النجمية الكروية . ثبت من ذلك أن قطر الدائرة التي تقع تلك الحشود على محيطها أكبر بكثير مما عرفناه لقطر المجرة . ويحاذي توزيع النجوم في المجرة فإن الحركات النسبية للنجوم في داخل المجرة لها أهمية أيضا . وقد فسر كل من «أوووت» و«لندبلاد» (١٨٩٥ - ١٩٦٥) بين عامي ١٩٢٦ ، ١٩٢٧ الحركات المنتظمة للنجوم سواء منها الحركة الذاتية أو الخطية وذلك عن طريق الدوران التفاضلي للمجرة .

وأعطت أرصاد كل من «بيكرينج» (١٨٤٦ - ١٩١٩) و«ميلر» (١٨٥١ - ١٩٢٥) و«كمف» (١٨٥٦ - ١٩٣٦) قيا دقيقة للمعان . وقد قام «شوارتز شيلد» (١٨٥٦ - ١٩٣٦) أكثر من غيره بدراسة نتائج تعيين اللمعان فوتوغرافيا ونشر أول لمعان للنجوم موثوق به . وكان لإدخال طريقه القياس الكهروضوئي تأثير كبير في رفع رقة الأرصاد الإشعاعية . تم ذلك على يد «جوتينك» (١٨٧٩ - ١٩٤٧) و«روزنبرج» .

تعتبر القياسات الطيفية الفوتومترية حلقة إتصال بين كل من الدراسات الطيفية والفوتومترية . وبمعاونتها أمكن قياس شدة الخطوط الطيفية وتوزيع شدة الطيف المستمر . وأصبح من المستطاع عن طريق تطبيق قوانين الإشعاع الطبيعية على تلك القياسات إستنباط درجة حرارة الأجرام السماوية . كان أول تعيين لدرجة الحرارة بهذه الطريقة في عام ١٨٨٠ حيث قام «لانجلي» (١٨٣٤ - ١٩٠٦) بتحديد درجة حرارة الشمس و«ويلسنج» (١٨٥٦ - ١٩٤٣) ثم بعده «شايئر» بتحديد ذلك للنجوم .

تبع الأرصاد الفيزيائية الفلكية للنجوم دراسات نظرية للحالة الطبيعية وبالذات في الأجزاء الداخلية من النجوم التي لا تصل إليها أرصادنا . وترجع أولى الأبحاث في هذا الشأن ، بالإضافة إلى أنها تعالج كذلك مصادر الطاقة في النجوم إلى «هلمهولتر» (١٨٢١ - ١٨٩٤) . وقد اعتقد هلمهولتر أن طاقة الشمس التي تشعها ترجع إلى الإنكماش واتضح بعد ذلك خطأ هذا الاعتقاد . وتبنى نظرية تركيب النجوم على القوانين الطبيعية وبالذات قوانين الديناميكا الحرارية ونظرية الكم . قاد هذه النظرية أولا «لين» ثم بعد ذلك «إمدن» (١٨٦٢ - ١٩٤٠) و«شوارتز شيلد» أكثر من غيرهما . وفي خلال العشرينات من القرن العشرين أثمرت النظرية على يد «إدنجتون»

أساس تعداد النجوم إثبات وجود مادة داكنة بين النجوم تمتص الضوء . كذلك تمكن «هارتمان» (١٨٦٥ - ١٩٣٦) في عام ١٩٠٤ إعطاء الدليل على وجود مادة غازية إتضحت فيما حصل عليه من خطوط الكالسيوم الثابتة . وتعتبر نظرية ما بين النجوم حالياً أحد الفروع الهامة في الفيزياء الفلكية .

يعد الفلك الراديوي أحد الفروع الحديثة في الفيزياء الفلكية . ويرجع بداية الفلك الراديوي إلى الأرصاد التي قام بها «يانسكي» في عام ١٩٣٢ ، إلا أن الابحاث الراديوية الفلكية بدأت فعلاً بعد الحرب العالمية الثانية وأدت إلى فهم أكثر للظروف الطبيعية في مادة ما بين النجوم . واحتلت أرصاد الهيدروجين في نطاق الطول الموجي ٢١ سم مكاناً بارزاً بعد ما أثبت «فان دي هولست» في عام ١٩٤٤ إمكانية رصدها . كما أصبح ممكناً عن طريق الأرصاد إثبات حلزونية المجرة . وفي أثناء البحث عن أجسام راديوية معينة تم إكتشاف أجسام كونية جديدة غير معروفة وغير مفهومة في تركيبها الطيفي : وتلك هي الراديويات الشبيهة بالنجوم والراديويات النابضة التي أصبحت معروفة بعد ذلك تحت إسم الكوازارز والبلسارز على التوالي .

نشأ مجال بحث جديد للأرصاد الفلكية بإدخال الصواريخ وسفن الفضاء . وأمكن عن طريق الإمكانية الجديدة إطالة النطاق الطيفي بحيث يشمل مناطق الإشعاع فوق البنفسجي والسيني وأشعة جاما . وفوق هذا أصبحت القياسات المباشرة ممكنة في منطقة ما بين الكواكب وفي الغلاف الجوي وفوق سطوح الكواكب القريبة من الأرض وعلى سطح القمر .

علم النجوم

astronomy
astronomie (sf)
sternkunde (sf)

هو ← علم الفلك .

ويرجع الفضل للفلكي «هبل» (١٨٨٩ - ١٩٥٣) في معرفة أن الأشكال السديمية ، والتي تظهر غالباً في صورة حلزونية ، ليست أعضاء في مجرتنا ولكنها خارجية . كما استطاع «هبل» كذلك في عام ١٩٢٩ ولأول مرة قياس البعد إلى مجرة خارجية . وقد أعطت دراسات «هبل» إستنتاجات لأبعاد تلك المجرات . اتضح أن هذه الأبعاد من نفس رتبة مجرتنا ، كما أمكن التدليل على أن هذه الأجسام السماوية ما هي إلا مجرات شبيهة بمجرة سكة التبانه . وكان من الأهمية بمكان ما أمكن ، بإستعمال المنظار العاكس الكبير في مرصد مونت ويلسون وبالومار ، من تميز بنجوم في تلك المجرات الخارجية ، بل إنه أمكن أخذ أرصاد لأطياف هذه النجوم . وترتبط أغلب هذه الدراسات بإسم الفلكي «بادي» (١٨٩٣ - ١٩٦٠) ، الذي أدرك أن أنواع النجوم المختلفة في تجمع ما من مجموعة نجمية يمكن تنسيقها في جمهرات تكون بمثابة تقسيم للأعمار المختلفة .

دخلت ، عن طريق الدراسات حول المجرات الخارجية ، أكبر لبنات الكون في مجال الأرصاد العلمية . ومن المهم جداً ما تم إكتشافه من أن طيف المجموعات النجمية له إزاحة حمراء تناسب مع المسافة بيننا وبين هذه المجموعات . وتم تفسير تلك الإزاحة بتمدد الكون كله . كما نشأت من نظرية النسبية لآينشتين (١٨٧٩ - ١٩٥٥) نماذج نظرية للكون مثل الذي قدمه «دي ستر» (١٨٧٢ - ١٩٣٤) و«فريدمان» (١٨٨٨ - ١٩٢٥) ويتطلب وجود تمدد الكون . كما يعطينا إشعاع الثلاث درجات كلفن في الوقت الحديث إمكانية تأييد وتطوير للآراء النظرية عن الحالة الأولى للكون بطريق الأرصاد .

دخل فرع جديد للفلك في النصف الأول من القرن العشرين ، وهو دراسة مادة ما بين النجوم . فقد استطاع «وولف» (١٨٦٣ - ١٩٣٢) على